



Sofia Isabel Neves Quintaneiro

Licenciada em Ciências da Engenharia e Gestão Industrial

Uma perspetiva *Lean Seis Sigma* na Melhoria Contínua de um Sistema Logístico de Produção

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial

Orientadora: Professora Doutora Alexandra Tenera
Professora Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Isabel Maria do Nascimento Lopes Nunes
Arguente: Prof. Doutor Rogério Salema Araújo Puga Leal
Vogal: Prof. Doutora Alexandra Maria Baptista Ramos Tenera



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Setembro 2014

Uma perspetiva *Lean* Seis Sigma na Melhoria Contínua de um Sistema Logístico de Produção

Copyright © Sofia Isabel Neves Quintaneiro, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa que me acolheu e forneceu todos os meios disponíveis e necessários à conclusão desta importante etapa académica.

À Professora Alexandra Tenera, pela orientação e disponibilidade mostrada para o desenvolvimento desta dissertação.

Ao Engenheiro Aníbal Nogueira pela oportunidade que me deu de realizar esta dissertação na Visteon Portuguesa Lda. Ao Engenheiro Carlos Augusto por aceitar o projeto na Área dos Plásticos. Ao Engenheiro André Gomes pelo suporte e acompanhamento ao longo do estágio.

Aos colaboradores da Visteon Portuguesa Lda, pela colaboração e disponibilidade demonstrada.

À minha família, pelo apoio incondicional e pela motivação que me têm dado desde sempre.

Ao Filipe Oliveira, pelo companheirismo e paciência ao longo deste percurso.

RESUMO

A globalização da indústria leva a ambientes industriais cada vez mais competitivos em que a redução de desperdícios e melhoria dos sistemas produtivos e logísticos tornam-se fatores críticos para o sucesso e sustentabilidade de uma organização.

Desta forma, a presente dissertação tem como âmbito a melhoria contínua em sistemas logísticos de produção através de uma perspectiva *Lean Seis Sigma* (modelo híbrido) testado e implementado na Visteon Portuguesa Lda.

Neste modelo proposto serão identificadas oportunidades de melhoria no fluxo logístico de produção, no sistema de armazenamento e no processo produtivo e a sua implementação. Estas serão identificadas com base na elaboração do *Value Stream Mapping* (VSM) do processo produtivo do *cluster B299 High*. Posteriormente, serão aplicados métodos e ferramentas *Lean* e *Seis Sigma* que permitirão atingir o objetivo estipulado para cada uma.

A nível do fluxo logístico de produção, foi introduzido o *Systematic Layout Planning* (SLP) de forma a estudar a configuração existente e as suas restrições, bem como a existência de um rearranjo na mesma que seja vantajoso para a redução do tempo despendido em transporte de materiais entre zonas da configuração. Com o intuito de minimizar o manuseamento dos materiais foi desenvolvido e proposto um novo sistema de transporte.

Para a melhoria do sistema de armazenagem, foram criados armazéns distintos dependendo do tipo de material armazenado, e uma análise ABC para identificar quais os produtos com maior número de movimentações e assim, definir qual a melhor configuração das localizações nas *racks*. Para o abastecimento dos materiais, torna-se também necessário a conceção e implementação de um sistema *order picking*, tendo como objetivo a agilização do sistema de armazenagem.

Por último, foi desenvolvido um estudo DMAIC para melhorar o processo produtivo, com o intuito de aumentar a performance do mesmo através da redução de *scrap*.

Palavras-chave: Melhoria Contínua, *Lean Seis Sigma*, *Value Stream Mapping*, *Systematic Layout Planning*, Análise de Pareto, *Order Picking*, DMAIC

ABSTRACT

The industry globalization leads currently to increasingly competitive industrial environments where reducing and improving production and logistics systems become critical factors for the success of an organization.

Thus, the scope of this dissertation is obtain a systematic continuous improvement in production and logistics systems through a Lean Six Sigma perspective (hybrid model) that will be test and applied on Visteon Portuguesa Lda.

The proposed hybrid model will identify the opportunities for improvement in the logistics flow of production, storage system and the production process. These opportunities for improvement will be identified based on the elaboration of a Value Stream Mapping (VSM) for the production process of the cluster B299 High. After their identification, tools and methods form Lean and Six Sigma will be applied to achieve the objective set for each will be used.

At logistics production flow level, the Systematic Layout Planning (SLP) was apply in order to study the existing layout and its restrictions, as well as the existence of an advantageous rearrangement to reduce the time spent on transport materials between areas of the layout. In order to minimize handling of the material, a new transport pallets system was developed and proposed.

To improve the storage system, different warehouses were created depending on the stored material with the help of a previous ABC analysis. For the supply of materials, it was also developed and implement order picking system in order to streamlining the storage system.

Finally, a DMAIC study was applied in order to improve the production process with the purpose of increasing system performance by reducing scrap.

Keywords: *Continuous Improvement, Lean Six Sigma, Value Stream Mapping, Systematic Layout Planning, Pareto Analysis, Order Picking, DMAIC*

NOMENCLATURA

ABS – *Acrylonitrile butadiene styrene*

AGV – *Automatic Guided Vehicle*

BOM – *Bills of Materials*

CSM – *Current State Map*

FIFO – *First In First Out*

FSM – *Future State Map*

JIT – *Just-In-Time*

MRP – *Materials Requirements Planning*

MRP II – *Manufacturing Resources Planning*

OEE – *Overall Equipment Effectiveness*

PMMA – *Polimetil-metacrilato*

PPT20 – *Polipropileno*

SIPOC – *Supplier Input Process Output Costumer*

SLP – *Systematic Layout Planning*

TOC – *Teoria das Restrições*

TPM – *Total Productive Maintenance*

TPS – *Toyota Production System*

TQM – *Gestão pela Qualidade Total*

VSM – *Value Stream Mapping*

WIP – *Work-In-Process*

UB – *Upper Bound*

UIC – *Último Ciclo de Melhoria*

UL – *Lower Bound*

ÍNDICE

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract	v
Nomenclatura	vii
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento do Estudo.....	1
1.2. Justificação do Tema	2
1.3. Objetivos do Estudo	2
1.4. Metodologia.....	3
1.5. Estrutura da Dissertação.....	4
2. Melhoria contínua em sistemas produtivos e logísticos	5
2.1. Sistemas Clássicos.....	5
2.1.1. Sistemas <i>Lean/JIT</i>	5
2.1.1.1. Origem e fundamentos <i>Lean/JIT</i>	5
2.1.1.2. Métodos e ferramentas <i>Lean/JIT</i>	9
2.1.2. Sistemas Seis Sigma	11
2.1.2.1. Origem e fundamentos Seis Sigma.....	12
2.1.2.2. Métodos e ferramentas Seis Sigma.....	14
2.1.3. Sistemas TOC.....	15
2.1.3.1. Origem e fundamentos TOC	15
2.1.3.2. Métodos e ferramentas TOC	16
2.1.4. Comparação de sistemas clássicos	18
2.2. Sistemas Híbridos/Integradores.....	20
2.2.1. Sistemas <i>Lean</i> Seis Sigma (LSS)	20
2.2.2. Sistemas TOC <i>Lean</i>	21
2.2.3. Sistemas TOC <i>Lean</i> Seis Sigma (TLS)	21
2.3. Caracterização Geral de Sistemas Logísticos.....	22

2.3.1.	Logística de Produção	22
2.3.1.1.	<i>Systematic Layout Plannig (SLP)</i>	23
2.3.2.	Logística de Armazém.....	25
2.3.2.1.	Políticas de Armazenagem	27
2.3.2.2.	<i>Order Picking</i>	28
2.3.2.3.	Métodos de recolha de pedidos	29
2.4.	Comentários Finais.....	30
3.	Conceção e proposta de um modelo LSS para melhoria contínua de um sistema logístico de produção.....	33
3.1.	Fases do Modelo Proposto	33
3.2.	Métodos e Ferramentas	35
4.	Implementação do modelo LSS proposto: Caso de estudo.....	37
4.1.	Introdução ao Caso de Estudo	37
4.1.1.1.	O produto.....	38
4.1.1.2.	O fluxo de produção	39
4.1.2.	A Área dos Plásticos.....	41
4.1.2.1.	O processo de injeção.....	43
4.1.2.2.	Parâmetros de injeção.....	44
4.1.2.3.	Defeitos mais comuns.....	47
4.2.	Implementação do Modelo Proposto.....	48
4.2.1.	Fase I – Caracterização do estado atual: <i>Value Stream Mapping</i>	48
4.2.2.	Fase II - Identificação de oportunidades de melhoria.....	53
4.2.3.	Fase III – Proposta de melhorias	57
4.2.3.1.	Melhoria do fluxo logístico de produção.....	57
4.2.3.1.1.	Implementação do <i>Systematic Layout Planning (SLP)</i>	57
4.2.3.1.2.	<i>Pally's Project</i>	64
4.2.3.2.	Melhoria do sistema de armazenagem.....	70
4.2.3.2.1.	Análise de Pareto.....	73
4.2.3.2.2.	Sistema de <i>order picking</i>	80

4.2.3.2.3. Implementação do sistema WARE.....	82
4.2.3.2.4. Melhoria do <i>order picking</i>	85
4.2.3.3. Melhoria do processo produtivo.....	87
4.2.3.3.1. <i>Define</i>	87
4.2.3.3.2. <i>Measure</i>	88
4.2.3.3.3. <i>Analyse</i>	97
4.2.3.3.4. <i>Improve</i>	101
4.2.3.3.5. <i>Control</i>	102
4.3. Discussão dos Resultados obtidos.....	103
5. Conclusões do estudo e comentários finais.....	105
Referências bibliográficas.....	107
ANEXOS	115
A.I. Simbologia utilizada no VSM.....	115
A.II Níveis Sigma para processos com comportamento normal	115
A.III. Configuração da Instalação da Visteon Palmela	117
A.IV. Dados para elaboração do VSM.....	119
A.V. <i>Value Stream Mapping</i>	123
A.VI. <i>Value Stream Mapping</i> com eventos <i>Kaizen</i>	125
A.VII. Dados do SLP	127
A.VIII. Dados para Análise ABC – “Cenário 1 - Implementação 1ª rack”	129
A.IX. Dados para Análise ABC – “Cenário 2 - Implementação 2ª rack”	131
A.X. Configurações propostas para racks do Cenário 2.....	133
A.XI. Dados <i>order picking</i>	135
A.XII. <i>Project Charter</i>	139
A.XIII. Fluxograma do processo de Injeção de <i>Lens</i> Molde 094.1	141
A.XIV. Dados para os estudos R&R de atributos	143
A.XV. Cartas de Controlo <i>p</i>	147
A.XVI. Análise dos defeitos detetados	149

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Etapas da metodologia utilizada na realização da dissertação	3
Figura 1.2 – Cronograma da realização da dissertação no período de janeiro a setembro de 2014	3
Figura 2.1 – Casa TPS.....	6
Figura 2.2 – Os cinco princípios <i>Lean</i>	7
Figura 2.3 – Princípios, Métodos e Ferramentas <i>Lean</i>	9
Figura 2.4 – Etapas para a elaboração de um VSM	10
Figura 2.5 – Evolução da metodologia Seis Sigma	12
Figura 2.6 – Redução da variabilidade do processo	13
Figura 2.7 – Aspectos complementares entre DFSS, <i>Lean</i> e Seis Sigma	14
Figura 2.8 – Modelo DMAIC.....	14
Figura 2.9 – Síntese esquemática da TOC.....	16
Figura 2.10 – Objetivos <i>Lean</i> , Seis Sigma e <i>Lean</i> Seis Sigma.....	21
Figura 2.11 – Contribuição para a redução de custos de cada modelo.....	22
Figura 2.12 – Método SLP	23
Figura 2.13 – Tipos de fluxo no armazém.....	26
Figura 2.14 – Análise ABC	27
Figura 2.15 – Percentagem de tempo alocada a cada atividade do <i>order picker</i>	29
Figura 3.1 – Representação do modelo LSS proposto	33
Figura 4.1 – <i>Cluster</i> B299 <i>High</i> para o cliente <i>Ford</i>	38
Figura 4.2 – <i>Bill of Materials</i> (BOM) do <i>cluster</i> B299 <i>High</i>	38
Figura 4.3 – Vista Explodida do <i>cluster</i> B299 <i>High</i>	39
Figura 4.4 – Fluxo de produção do <i>cluster</i> B299 <i>High</i>	39
Figura 4.5 – Configuração da Área de Injeção.....	40
Figura 4.6 – Configuração do <i>PreAssembly</i>	40
Figura 4.7 – Área dos Plásticos em janeiro de 2014	42
Figura 4.8 – Componentes injetados na área de injeção para o <i>cluster</i> B299 <i>High</i>	42
Figura 4.9 – Extrusora.....	43
Figura 4.10 – Principais fases do processo de injeção	44
Figura 4.11 – Parâmetros operatórios.....	44
Figura 4.12 – Causas possíveis para a origem de defeitos	47
Figura 4.13 – <i>Value Stream Mapping</i> do processo de produção do <i>cluster</i> B299 <i>High</i>	52
Figura 4.14 – Níveis associados a cada uma das oportunidades de melhoria	53
Figura 4.15 – <i>Value Stream Mapping</i> do processo de produção do <i>cluster</i> B299 <i>High</i> com eventos <i>kaizen</i>	54

Figura 4.16 – Processo de transporte e manuseamento entre a Injeção, o Armazém <i>PreAssembly</i> e o <i>PreAssembly</i> com o sistema atual	55
Figura 4.17 – Configuração atual da Área dos Plásticos para aplicação do SLP	57
Figura 4.18 – Diagrama do fluxo diário entre zonas da configuração e o tipo de relação associado	58
Figura 4.19 – Representação gráfica do Diagrama de Relações	59
Figura 4.20 – Introdução das áreas de cada zona para análise no <i>software</i> BlocPlan	62
Figura 4.21 – Introdução dos dados do tipo de relação entre zonas da configuração no <i>software</i> BlocPlan	62
Figura 4.22 – Configuração alternativa 1 da Área dos Plásticos	63
Figura 4.23 – Configuração alternativa 2 da Área dos Plásticos	63
Figura 4.24 – Configuração alternativa 3 da Área dos Plásticos	63
Figura 4.25 – Sistema de paletes <i>pally</i>	64
Figura 4.26 – Comboio de paletes <i>pally</i>	64
Figura 4.27 – Processo de transporte e manuseamento com o sistema <i>pally</i>	65
Figura 4.28 – Comparação entre o tempo de ciclo do sistema atual e o sistema <i>pally</i>	66
Figura 4.29 – Tempo de manuseamento diário do sistema de transporte	67
Figura 4.30 – Número de movimentos diário do sistema de transporte	68
Figura 4.31 – <i>Mask</i> do B299 - Capacidade de transporte no sistema transporte	68
Figura 4.32 – <i>Mask</i> do B299 -Tempo total de manuseamento diário no sistema de transporte	69
Figura 4.33 – <i>Mask</i> do B299 - Número de movimentos por diário no sistema de transporte	69
Figura 4.34 – <i>Stock</i> armazenado na área de produção junto à parede (Área de Injeção): a) Caixas azuis; b) Carrinhos com lentes	71
Figura 4.35 – Sistema de armazenagem em fevereiro de 2014	71
Figura 4.36 – Sistema de armazenagem proposto	72
Figura 4.37 – Cenário 1: Diagrama de Pareto para o número diário de movimentações – Armazém da Parede	74
Figura 4.38 – Cenário 1: Diagrama de Pareto para o número diário de movimentações – Armazém do <i>PreAssembly</i>	74
Figura 4.39 – Comparação entre o número de carrinhos (lentes ou <i>rings</i>) necessário para atingir o <i>stock</i> máximo e o número de carrinhos que o Armazém da Parede tem capacidade para armazenar ...	75
Figura 4.40 – Cenário 2: Diagrama de Pareto para o número diário de movimentações – Armazém da Parede	76
Figura 4.41 – Comparação entre o número de caixas (<i>stock</i> máximo) pretendido pela organização e o número de caixas que as <i>racks</i> conseguem armazenar	76
Figura 4.42 – Cenário 2: Diagrama de Pareto para o número diário de movimentações – Armazém do <i>PreAssembly</i>	77
Figura 4.43 – Etiquetas de identificação das referências para as <i>racks</i>	78

Figura 4.44 – Configuração com base na classificação ABC (sentido horizontal)	78
Figura 4.45 – Configuração com base na classificação ABC (sentido vertical)	78
Figura 4.46 – Estado inicial da armazenagem na Área dos Plásticos.....	79
Figura 4.47 – Armazém do <i>PreAssembly</i> após implementação da primeira <i>rack</i>	79
Figura 4.48 – Configuração praticada para as <i>racks</i> – Cenário 2.....	80
Figura 4.49 – Exemplo de uma etiqueta FIFO	82
Figura 4.50 – Geração de um pedido de material.....	83
Figura 4.51 – Geração da <i>pick list</i>	83
Figura 4.52 – Ecrã de exibição da <i>pick list</i>	84
Figura 4.53 – Exemplo de <i>pick list</i>	84
Figura 4.54 – Processo de <i>Move Out</i>	85
Figura 4.55 – Processo de <i>Material In</i>	85
Figura 4.56 – Percentagem de tempo alocada a cada atividade do <i>order picking</i> na fase inicial.....	86
Figura 4.57 – Percentagem de tempo alocada a cada atividade do <i>order picking</i> após melhoria do sistema de leitura das etiquetas FIFO	86
Figura 4.58 – Série temporal do tempo despedido por caixa na leitura da <i>pick list</i>	86
Figura 4.59 – Fase <i>Define</i>	87
Figura 4.60 – Bancada de inspeção visual na linha de produção das lentes B299 (molde 094.1)	88
Figura 4.61 – Testador para lentes B299: a) sem iluminação; b) com iluminação.	88
Figura 4.62 – Fase <i>Measure</i>	88
Figura 4.63 – Análise da frequência para os tipos de defeito indicados como motivo de rejeição.....	91
Figura 4.64 – Resultados do primeiro estudo R&R: a) Concordância do operador; b) Concordância entre o operador e o <i>expert</i>	93
Figura 4.65 – Resultados do segundo estudo R&R: a) Concordância do operador; b) Concordância entre o operador e o <i>expert</i>	94
Figura 4.66 – Molde 094.1 com as cavidades 1 e 2 identificadas	94
Figura 4.67 – Carta de Controlo <i>p</i> para a Cavidade 1 (após remoção dos <i>outliers</i>).....	96
Figura 4.68 – Carta de Controlo <i>p</i> para a Cavidade 2 (sem <i>outliers</i>).....	96
Figura 4.69 – Fase <i>Analyse</i>	97
Figura 4.70 – Diagrama de <i>Ishikawa</i> para o tipo de defeito "Pintas Brancas"	98
Figura 4.71 – Percentagem de incidência de cada defeito na Cavidade 1	99
Figura 4.72 – Percentagem de incidência de cada defeito na Cavidade 2	99
Figura 4.73 – Fase <i>Improve</i>	101
Figura 4.74 – Cartaz informativo dos tipos de defeito mais comuns nas lentes do B299 <i>High</i>	101
Figura 4.75 – Desenho CAD para a tampa da octobine	102
Figura 4.76 – Fase <i>Control</i>	102

Figura A.I.1 – Simbologia utilizada num <i>Value Stream Mapping</i>	115
Figura A.III.1 – Configuração da instalação da Visteon Palmela	117
Figura A.V.1 – <i>Value Stream Mapping</i> do processo de produção do cluster B299 <i>High</i>	123
Figura A.VI.1 – VSM do processo de produção do cluster B299 <i>High</i> com eventos <i>Kaizen</i>	125
Figura A.X.1 – Configuração 1 para <i>racks</i> do Cenário 2	133
Figura A.X.2 – Configuração 2 para <i>racks</i> do Cenário 2	133
Figura A.XIII.1 – Fluxograma para processo de Injeção das lentes B299 <i>High</i> (molde 94.1)	141
Figura A.XIV.1 – Relatório Estatístico para 1º estudo R&R	144
Figura A.XIV.2 – Relatório Estatístico para 2º estudo R&R	146
Figura A.XV.1 – Janela do <i>software</i> Minitab para a elaboração de cartas de controlo <i>p</i>	147
Figura A.XV.2 – Carta de Controlo <i>p</i> para Cavidade 1	147
Figura A.XV.3 – Carta de Controlo <i>p</i> para Cavidade 2	148

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 – Perguntas para o <i>Future State Map</i>	10
Tabela 2.2 – DMAIC: Fases, objetivos e algumas das ferramentas utilizadas.....	15
Tabela 2.3 – Comparações entre os três modelos clássicos	18
Tabela 2.4 – Complementaridade entre os três modelos	19
Tabela 2.5 – Classificação das relações e graus de proximidade entre departamentos	24
Tabela 3.1 – Fases e objetivos do modelo LSS proposto	34
Tabela 3.2 – <i>Inputs</i> , métodos, ferramentas e <i>outputs</i> do modelo LSS proposto.....	35
Tabela 4.1 – Características dos componentes produzidos na área de injeção para o <i>cluster B299 High</i>	43
Tabela 4.2 – Caraterização do processo de injeção para o <i>cluster B299 High</i>	49
Tabela 4.3 – Caraterização do processo de <i>PreAssembly</i> para o <i>cluster B299 High</i>	50
Tabela 4.4 – Dados relativos aos lotes de transporte para <i>cluster B299 High</i> para Injeção e <i>PreAssembly</i>	50
Tabela 4.5 – Tempos de transporte entre processos	51
Tabela 4.6 – Caraterizações dos processos de injeção para o <i>cluster B299 High</i>	56
Tabela 4.7 – Carta De-Para	58
Tabela 4.8 – Carta de Fluxo	58
Tabela 4.9 – Diagrama de relações	59
Tabela 4.10 – Dados relativos à configuração atual.....	60
Tabela 4.11 – Distância em metros entre zonas na configuração atual	60
Tabela 4.12 – Relação-Distância (RDS)	60
Tabela 4.13 – Cálculo do UB e LB	61
Tabela 4.14 – Comparação entre a configuração atual e as alternativas geradas pelo BlocPlan.....	63
Tabela 4.15 – Tempo de ciclo para uma <i>pally</i>	65
Tabela 4.16 – Comparação entre as diferentes opções do sistema atual e do sistema <i>pally</i>	66
Tabela 4.17 – Comparação entre investimentos para o sistema atual e o sistema <i>pally</i>	67
Tabela 4.18 – Comparação entre as capacidades dos carrinhos para o AGV, o número de viagens e o tempo despendido.....	70
Tabela 4.19 – Dados para o cálculo do consumo de carrinhos das referências no <i>PreAssembly</i> provenientes do Armazém da Parede	81
Tabela 4.20 – Dados para o cálculo do consumo de carrinhos das referências no <i>PreAssembly</i> provenientes do Armazém do <i>PreAssembly</i>	81
Tabela 4.21 – Catálogo de defeitos detetados no processo de inspeção visual nas lentes B299.....	89
Tabela 4.22 – Análise das proporções dos tipos de defeitos entre cavidades.....	100

Tabela 4.23 – Comparação entre o sistema existente e as soluções propostas.....	104
Tabela A.II.1 – Níveis Sigma para processo com comportamento normal.....	115
Tabela A.IV.1 – Dados do processo de Injeção	119
Tabela A.IV.2 – Dados para processo de <i>PreAssembly</i>	121
Tabela A.VII.1 – Distâncias para Alternativa 1 SLP	127
Tabela A.VII.2 – Relação-distância para Alternativa 1 SLP.....	127
Tabela A.VII.3 – Distâncias para Alternativa 2 SLP	127
Tabela A.VII.4 – Relação-distância para Alternativa 2 SLP.....	128
Tabela A.VII.5 – Distâncias para Alternativa 3 SLP	128
Tabela A.VII.6 – Relação-distância para Alternativa 3 SLP.....	128
Tabela A.VIII.1 – Dados para a Análise ABC para o Armazém da Parede – Cenário 1	129
Tabela A.VIII.2 – Dados para a Análise ABC para rack do Armazém do <i>PreAssembly</i> – Cenário 1	129
Tabela A.IX.1 – Dados para a Análise ABC para o Armazém da Parede – Cenário 2	131
Tabela A.IX.2 – Dados para a Análise ABC para o Armazém do <i>PreAssembly</i> – Cenário 2.....	132
Tabela A.XI.1 – Atividades realizadas na <i>pick list</i>	135
Tabela A.XI.2 – Dados para série temporal do <i>order picking</i>	136
Tabela A.XIV.1 – Dados para a realização do 1º estudo R&R	143
Tabela A.XIV.2 – Dados para a realização do 2º estudo R&R.....	145
Tabela A.XVI.1 – Análise de defeitos detetados	149

1. INTRODUÇÃO

O presente capítulo define o enquadramento da dissertação, a justificação do tema e os objetivos a atingir, bem como a metodologia de investigação seguida para a realização da mesma. Será também descrita a estrutura do seu conteúdo.

1.1. *Enquadramento do Estudo*

Atualmente, com a globalização da economia e aparecimento de novos mercados de compra e venda, o mercado torna-se cada vez mais exigente levando as organizações a sentirem necessidade de se tornarem mais competitivas. Esta necessidade traduz-se na oferta de produtos com preços mais baixos e com cada vez melhor qualidade, exigindo a introdução de novas tecnologias e estruturas organizacionais como por exemplo *Lean* e Seis Sigma, Reengenharia de Processos, entre outros (Gjeldum, Veza, & Bilic, 2011).

Cada vez mais a indústria automóvel tem como métricas de sucesso a satisfação dos requisitos dos clientes, a eficiência na utilização da capacidade disponível através da redução de desperdícios produtivos ou ainda a melhoria do processo produtivo e gestão de custos operacionais (Rathje, Boyle, & Deflorin, 2008). Para alcançar os objetivos pretendidos as organizações procuram estas melhorias em todo o processo, tanto a nível produtivo como a nível logístico.

A implementação do conceito de *Lean* Seis Sigma permite uma melhoria contínua com foco em métricas específicas, de modo a ajudar a organização a atingir os objetivos pretendidos. Enquanto a produção *Lean* tem sido reconhecida pela eficácia na melhoria contínua da produtividade, qualidade do produto e cumprimento de prazos de entrega para o cliente, através da redução de atividades que não acrescentam valor ao produto do ponto de vista do cliente e esta está associada a conceitos como o *Just-In-Time* (JIT) e a ferramentas como o *Value Stream Mapping* (VSM), o Seis Sigma está particularmente focalizado na redução da variabilidade do processo, aplicando modelos como DMAIC e ferramentas como o diagrama de *Ishikawa* e cartas de controlo, entre outras.

Por outro lado, a nível logístico de produção e armazenagem, as melhorias a nível da configuração e do sistema de armazenagem devem ser estudadas uma vez que permitem a redução de tempos de transporte e aumento a velocidade de abastecimento das linhas de produção. Nesse sentido o *Systematic Layout Planning* e a implementação de sistemas de *order picking* poderão auxiliar a alcançar tais melhorias.

1.2. *Justificação do Tema*

A presente dissertação foi desenvolvida em colaboração com a Visteon Portuguesa, Lda. localizada em Palmela. O tema proposto pela organização alia os conhecimentos teóricos com os recursos e as práticas utilizadas na organização, de forma a melhorar os fluxos de materiais e de informação ao longo do processo produtivo e obter uma gestão da produção mais eficiente, reduzindo desperdícios e atividades de valor não acrescentado. Para tal, o presente estudo incidirá na redução de desperdícios e na melhoria do sistema produtivo e logístico.

O produto escolhido para efetuar o estudo será o *cluster B299 High*, uma vez que é o produto com maior volume de produção (*high runner*). Posteriormente, a metodologia aplicada neste produto servirá de exemplo para outros produtos e processos produtivos.

1.3. *Objetivos do Estudo*

A presente dissertação tem como objetivo a redução de desperdícios, de forma a melhorar a performance do sistema produtivo e logístico. Tendo como exemplo o *cluster B299 High*, a presente dissertação terá enfoque na melhoria contínua dos sistemas produtivos e logísticos, através de:

- A identificação de oportunidades de melhoria a nível do fluxo logístico de produção, do sistema de armazenagem e do processo produtivo;
- Aplicação de metodologias e ferramentas que permitam alcançar os objetivos;
- Análise crítica dos resultados obtidos.

A nível do fluxo logístico de produção existente, será analisado o abastecimento de material ao longo do sistema produtivo, os locais de recolha e entrega, procurando o *timing* certo (evitando a destabilização da cadência produtiva e atrasos da produção) e utilizando o mínimo de recursos.

Para o sistema de armazenagem, serão analisados os produtos a armazenar e o seu nível de rotação com base no número diário de movimentações de forma a agilizar o processo de armazenagem e abastecimento das linhas de produção.

Relativamente ao processo produtivo, este será estudado e caracterizado com métricas como o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), a percentagem de *scrap* em cada processo e o tempo de ciclo e terá como foco principal a melhoria da *performance* do processo produtivo.

Pretende-se assim que os produtos permaneçam o menor tempo possível na linha de produção, garantindo o fornecimento dos mesmos nas quantidades necessárias e no tempo certo, alocando o menor número de recursos possíveis e evitando quebras de produção.

1.4. Metodologia

Para o desenvolvimento da presente dissertação foram definidas cinco etapas (Figura 1.4.1).

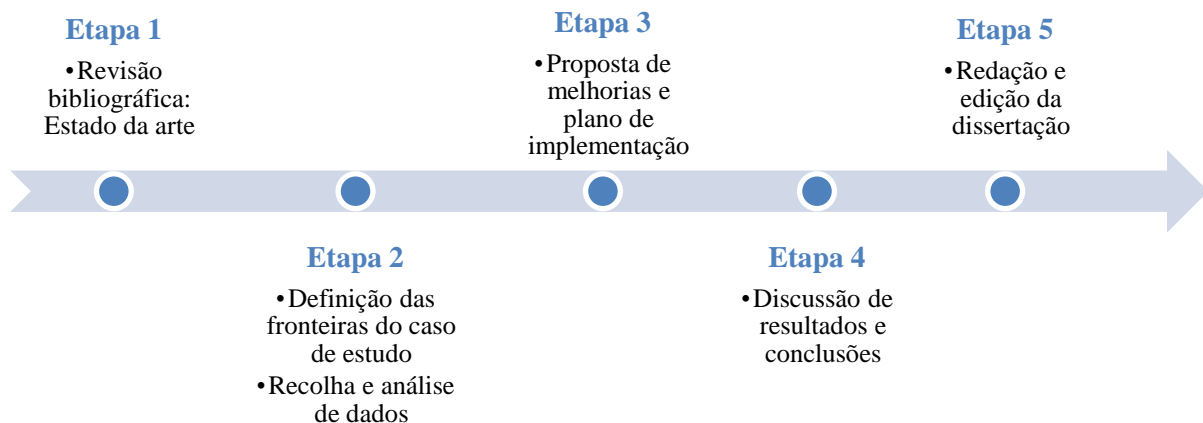


Figura 1.1 – Etapas da metodologia utilizada na realização da dissertação

Na etapa 1, na “Revisão bibliográfica: Estado da arte” será efetuada a pesquisa e estudo dos conceitos teóricos aplicados ao longo do desenvolvimento do caso de estudo. Na etapa 2, serão definidas as fronteiras do estudo realizado e recolhidos dados para a análise do mesmo. Na etapa 3, serão propostas melhorias e elaborado o plano de implementação das mesmas e na etapa 4, serão discutidos os resultados obtidos e retiradas as conclusões. Por último, na etapa 5, será redigida e editada a dissertação. Na Figura 1.4.2, encontra-se o cronograma das tarefas ao longo do período da realização da dissertação, de janeiro a setembro de 2014.

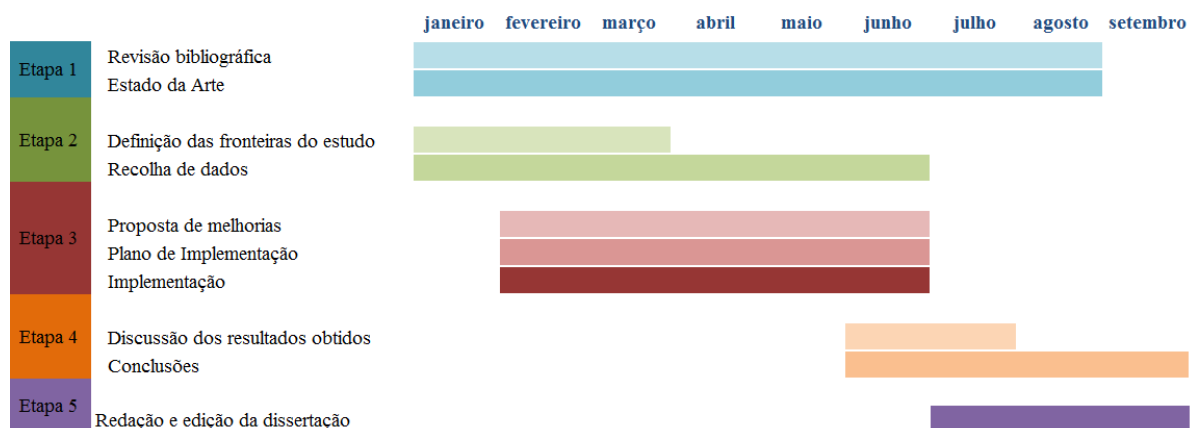


Figura 1.2 – Cronograma da realização da dissertação no período de janeiro a setembro de 2014

1.5. Estrutura da Dissertação

A presente dissertação encontra-se estruturada em 5 capítulos.

O presente capítulo, Introdução, descreve de forma sucinta toda a metodologia que será efetuada para a realização da dissertação.

O Capítulo 2, tem como objetivo a recolha de fundamentos teóricos acerca da melhoria contínua em sistemas logísticos e produtivos, onde serão caracterizados os sistemas de gestão produtivos (sistemas clássicos e sistemas híbridos) e os sistemas logísticos de produção, que seguem os princípios de melhoria contínua.

No Capítulo 3, é apresentado o modelo proposto para aplicação num caso de estudo explicando em detalhe os objetivos de cada uma das fases que o constitui. Este modelo resulta da integração de conceitos *Lean* e Seis Sigma, constituindo um modelo híbrido LSS, sendo caracterizado por 4 fases fundamentais: Diagnóstico do sistema, Análise de dados, Identificação das oportunidades de melhoria e seleção de métodos e ferramentas para alcançar as melhorias, Proposta de melhorias para posterior implementação, e por último, Implementação e verificação de resultados.

No Capítulo 4, sintetiza-se o teste e implementação do modelo, neste será explicado detalhadamente cada uma das fases, bem como definido e implementado os métodos e ferramentas a utilizar de acordo com os objetivos definidos.

Por fim, no Capítulo 5, são apresentadas as principais conclusões do presente estudo realizado bem como os comentários finais do mesmo, sendo ainda apresentadas sugestões para trabalhos futuros.

2. MELHORIA CONTÍNUA EM SISTEMAS PRODUTIVOS E LOGÍSTICOS

O presente capítulo destina-se a evidenciar os fundamentos teóricos de gestão da produção defendidos pelas principais abordagens e modelos de melhoria contínua atualmente disponíveis. Para tal, será efetuada uma síntese dos modelos clássicos *Lean/Just in Time* (JIT), Seis Sigma e Teoria das Restrições (TOC) e dos modelos híbridos deles provenientes (*Lean Seis Sigma*, *TOC/Lean* e *TOC Lean Seis Sigma*), definindo qual a sua origem e fundamentos, bem como os métodos e ferramentas aplicados.

2.1. *Sistemas Clássicos*

Este subcapítulo tem como âmbito a caracterização sucinta dos modelos clássicos de melhoria contínua em sistemas produtivos: Sistemas *Lean/JIT*, Sistemas Seis Sigma e Teoria das Restrições (TOC). Estes modelos foram desenvolvidos com o objetivo comum de suporte à gestão das organizações procurando a melhoria contínua, sendo cada um caracterizado por métodos e ferramentas próprias. Apesar de terem sido desenvolvidos por autores distintos, existem conceitos complementares e que permitem suprimir deficiências de possam existir em cada um (Okimura & Souza, 2012). Esta simbiose é identificável quando, por exemplo, se compara os primeiros resultados de cada modelo, estes cobrem: menos defeitos, menos variação, menos desperdício, ciclos mais rápidos e melhoria da capacidade. Por outro lado, a nível financeiro, a utilização dos modelos traduz-se em diversos benefícios como por exemplo a redução dos *stocks* (Sproull, 2009).

2.1.1. *Sistemas Lean/JIT*

Os Sistemas *Lean/JIT* têm um papel fundamental na melhoria contínua de um sistema produtivo, atingindo os seus objetivos através da redução de desperdícios e identificação do valor nos processos.

2.1.1.1. *Origem e fundamentos Lean/JIT*

O conceito de pensamento *Lean* foi introduzido em 1980 por um grupo de pesquisa no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), após o estudo do estilo de produção japonês, principalmente o *Toyota Production System* (TPS) (Womack, Jones, & Roos, 1990). O objetivo da produção *Lean* é utilizar o mínimo de recursos e diminuir o tempo de entrega ao cliente através de um fluxo de valor contínuo (Wang, Quesada-Pineda, Kline, & Buehlmann, 2011). Desta forma o *Lean* permite (Womack & Jones, 1996):

- A identificação de valor;
- A eliminação de desperdício;
- A criação de fluxo (de valor para o cliente).

Os benefícios da implementação do pensamento *Lean* centram-se na redução do *lead time* para os clientes e de *stocks* para os produtores, na melhoria da gestão do conhecimento e na obtenção de processos mais robustos (menos erros e consequentemente menos retrabalho) (Melton, 2005).

O TPS foi desenvolvido por Taichii Ohneo, Shigeo Shingo e Eiji Toyoda na empresa *Toyota* na década de 40. Segundo Ohno (1988) este consiste em “colocar fluxo no processo de produção”, tendo por base a ambição de uma produção em fluxo contínuo de modo a contribuir para uma produção eficiente (sem *stocks* e com redução de *setups*), e contrastava com a produção em massa que existia na altura no mundo ocidental, originalmente desenvolvida por Henry Ford. O sistema TPS permite oferecer variedade e uma maior qualidade de produtos a um preço competitivo com rapidez de entrega, utilizando menos esforço humano, menos espaço necessário para produzir, menos investimento e ainda menos tempo para desenvolver novos produtos comparativamente com o sistema de produção em massa (Melton, 2005) (Thun, Drüke, & Grübner, 2010).

A Casa TPS, Figura 2.1, é constituída por dois pilares bem definidos: *Just-In-Time* e *Jidoka*. Estes dois pilares têm ainda como base para o seu suporte as pessoas e a estabilidade dos processos.

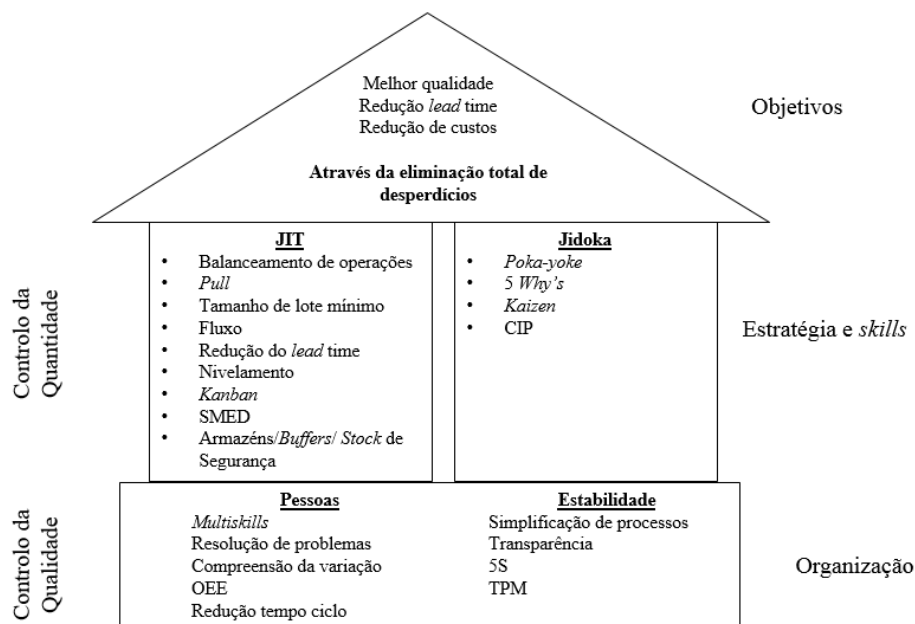


Figura 2.1 – Casa TPS

[Adaptado de: Wilson (2010): p.300]

O primeiro pilar TPS, o *Just-In-Time* (JIT), é definido como a produção no tempo certo, nem mais tarde nem mais cedo (Thun *et al.*, 2010). O JIT surgiu em 1970 nas indústrias japonesas, e

inicialmente foi desenvolvido e testado por Taiichi Ohno nas fábricas da Toyota (Scott, Lundgren, & Thompson, 2011). Os objetivos da produção JIT são (Rushton, Croucher, & Baker, 2010):

- Produção dos produtos que o cliente quer;
- Produção dos produtos quando o cliente quer;
- Produção de produtos de qualidade/perfeitos;
- Eliminação de desperdícios (tempos de espera, *stocks*, transporte, entre outros).

Este tipo de produção tem como benefícios a redução de custos de inventário e de *scrap*, melhor produtividade e qualidade e maior rapidez de resposta a mudanças de engenharia (Thun *et al.*, 2010). Da mesma forma, Ohno e a sua equipa desenvolveram o sistema *Kanban* (termo japonês para Quadro Indicador), que permite o controlo visual das necessidades de produção através do uso de cartões. A filosofia *Kanban* defende que os produtos e materiais devem ser fornecidos no exato momento em que eles são requeridos: não antes nem depois. O JIT estende o *Kanban* quando liga a procura, a produção e a logística (Scott *et al.*, 2011).

O segundo pilar, *Jidoka* ou Automação, consiste no controlo da qualidade do produto na origem. As máquinas são alteradas para que consigam verificar por si próprias se o produto se encontra conforme, libertando os operadores dessa tarefa. A automação está também ligada ao conceito de *poka-yoke* que procura evitar erros na produção e emitindo sirenes ou luzes quando são detetados defeitos, fazendo parar de imediato o fluxo de produção (Chiarini, 2013).

Desta forma, por volta da década de 90, a obra de James Womack (“*The Machine that Changed the World*”), compara o sistema de produção em massa que existia na Europa e nos USA com o sistema de produção *Lean* que existia no Japão na indústria automóvel, dando a conhecer ao mundo o conceito de *Lean manufacturing* (Melton, 2005). Segundo Womack & Jones (1996) para a implementação do pensamento *Lean* podem ser definidos cinco princípios. Estes princípios encontram-se sintetizados na Figura 2.2.

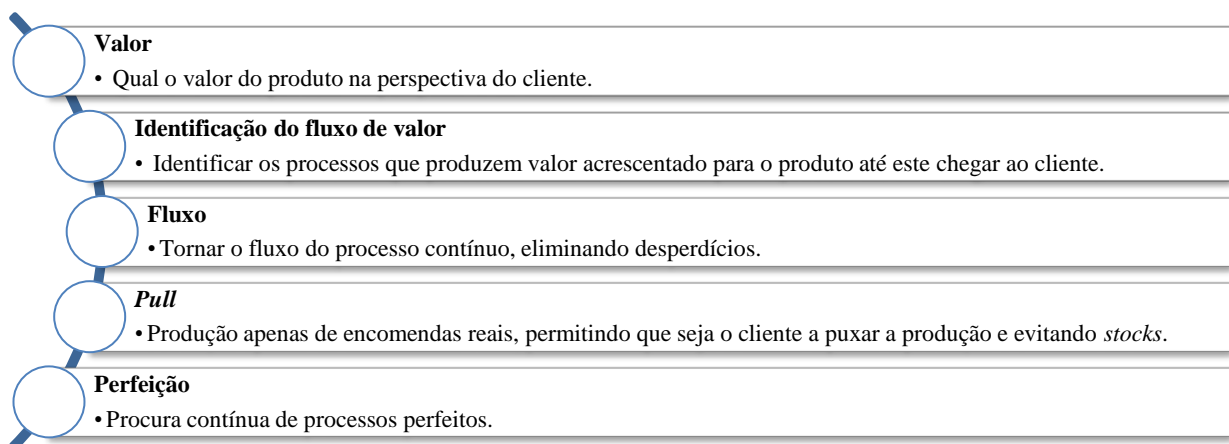


Figura 2.2 – Os cinco princípios *Lean*

Outro conceito relacionado com o pensamento *Lean*, é o da redução de desperdício. O termo desperdício pode ser definido como qualquer atividade que não acrescente valor ao produto/serviço aos olhos do cliente (Thun *et al.*, 2010). Desta forma Ohno (1988) identificou as suas sete principais fontes:

- i. **Produção excessiva** – Produção antes de esta ser necessária e/ou em quantidade excessiva (Garrett & Lee, 2010) (Chiarini, 2013);
- ii. **Tempo de espera** – Todo o tempo em que um recurso não está a ser utilizado (Garrett & Lee, 2010);
- iii. **Transporte** – Movimentações desnecessárias de recursos de um processo para outro (Chiarini, 2013);
- iv. **Processos inadequados** – Processos com atividades de valor não acrescentado, má aplicação dos recursos ou utilização incorreta de equipamentos/ferramentas (Garrett & Lee, 2010);
- v. **Stocks** – Recursos em espera ou desnecessários, ocupam espaço de armazenamento e provocam um aumento dos custos (Garrett & Lee, 2010) (Chiarini, 2013);
- vi. **Defeitos** – Qualquer erro que ocorra e provoque a não conformidade do produto/serviço em termos de qualidade (Garrett & Lee, 2010);
- vii. **Movimentação desnecessária dentro do posto de trabalho** – A existência de vários métodos ou ferramentas para executar a mesma atividade, provoca a desorganização dos postos de trabalho (Garrett & Lee, 2010).

Alguns autores consideram ainda um oitavo desperdício (Garrett & Lee, 2010) (Thun *et al.*, 2010):

- viii. **Pessoas subutilizadas** – Não utilização do total das capacidades mentais, criativas e psicológicas dos operadores.

Em termos de planeamento da produção numa organização existem duas perspetivas “base” que podem ser adotadas, o *Push* (do português “Empurrar”) e o *Pull* (do português “Puxar”). A primeira é a tradicionalmente utilizada para o planeamento da produção, tendo apenas surgido mais tarde o *Pull*.

Na perspetiva *Push*, a produção não é efetuada para uma encomenda específica, mas com base em previsões de procura “empurrando” a produção para o cliente. A dificuldade surge quando existe um nível de procura superior ao esperado e as vendas são perdidas, ou, por outro lado, quando a procura é menor e os produtos ficam em *stock*. Perdas de receitas, custos de *stock* e obsolescência dos produtos, podem ser consequências deste tipo de perspetiva. O *Manufacturing Resources Planning II* (MRPII), incorporando o MRP (*Material Requirements Planning*), é um exemplo de um sistema *push* (Rushton, Croucher, & Baker, 2010).

Para a perspectiva *Pull* a produção apenas é efetuada após ser conhecida a procura por parte do cliente, ou seja, o cliente efetua a encomenda “puxando” a produção da mesma. Apenas os pedidos reais do cliente são efetuados na linha de produção, não existindo a criação de *stock* de produtos acabados. O JIT é exemplo de um sistema *Pull* (Rushton *et al.*, 2010).

2.1.1.2. Métodos e ferramentas Lean/JIT

O pensamento *Lean* fornece às organizações um vasto conjunto de métodos e ferramentas que permitem uma melhoria contínua do processo produtivo, com o objetivo mútuo: uma melhor *performance*. Na Figura 2.3 encontram-se alguns dos princípios, métodos e ferramentas utilizados na criação de processos *Lean*.

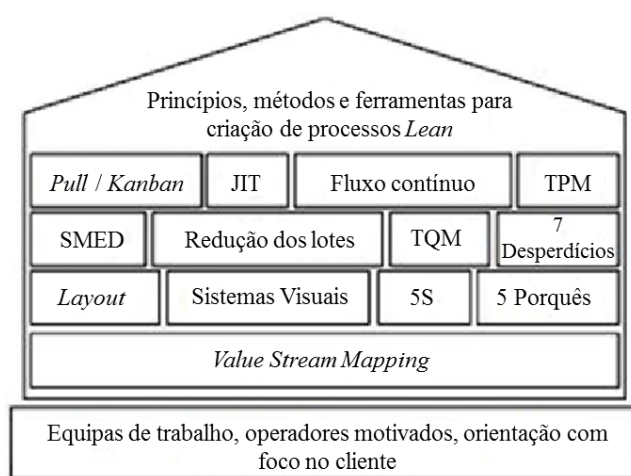


Figura 2.3 – Princípios, Métodos e Ferramentas *Lean*

[Adaptado: Gjeldum, Veza, & Bilic (2011): p.341]

Value Stream Mapping (VSM)

O mapeamento do fluxo de valor (*Value Stream Mapping*) foi criado em 1998 como uma ferramenta de *design* que mapeia o fluxo de materiais e informação de processos (Katz, 2010). Esta ferramenta ilustra o conjunto de todas as ações (valor acrescentado e não acrescentado) feitas num produto ou grupo de produtos iniciando na matéria-prima e terminando no cliente (Tabanli & Ertay, 2012). Com base no VSM, é possível visualizar a direção dos processos de produção e encontrar os desperdícios escondidos, identificar as suas causas-raiz e ainda visualizar possíveis alternativas para a eliminação dos mesmos, identificando oportunidades de melhoria no sistema de produção (Khalid, Hashim, & Salleh, 2014) (Tabanli & Ertay, 2012).

Segundo Steth, Deshpande e Kardani (2014) a aplicação do VSM é feita em cinco fases. Estas encontram-se sintetizadas na Figura 2.4.

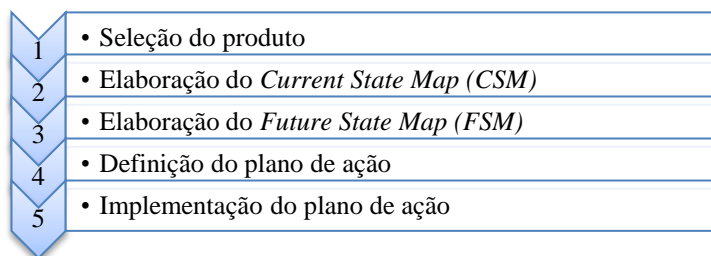


Figura 2.4 – Etapas para a elaboração de um VSM

[Adaptado: Steth *et al.* (2014): p.310]

O *Current State Map* é desenhado para documentar como está a operar o processo produtivo, ou seja, a situação atual do mesmo. Posteriormente, o *Future State Map* é desenvolvido para definir um fluxo de produção *Lean* de forma a eliminar as causas raiz dos desperdícios identificados e introduzir melhorias nos processos de produção (Rahani & al-Ashraf, 2012). A simbologia utilizada no VSM permite uma rápida compreensão visual do processo e reúne a toda a informação recolhida sobre o processo/produto (Anexo I). Na Tabela 2.1 estão enumeradas algumas das perguntas que devem ser colocadas para elaborar o *Future State Map* (FSM).

Tabela 2.1 – Perguntas para o *Future State Map*

[Fonte: Tabanlı & Ertay (2012), p.989]

	Perguntas
Básico	<ol style="list-style-type: none"> 1. Qual será o <i>takt time</i>? 2. A produção é feita para o armazém de produto final ou vai diretamente para o ponto de expedição? 3. Quais os pontos do fluxo de produção que estão aptos para trabalhar num fluxo de produção contínuo? 4. Serão necessários supermercados adicionais para estabelecer um sistema <i>pull</i> no fluxo de valor? 5. Qual é o ponto mais crítico do planeamento no fluxo de valor?
<i>Heijunka</i>	6. Como será determinado o <i>mix</i> de produtos na fase de produção?
<i>Kaizen</i>	7. Quais processos precisam de melhorias?

De forma a avaliar os processos presentes no VSM, é importante ter em conta algumas métricas como o FTT (*First Time Through*) e o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*). Estas métricas são calculadas através dados recolhidos, como o número de unidades produzidas e o número de unidades defeituosas, bem como o tempo disponível e o tempo de ciclo, entre outros.

• **FTT – *First Time Through***

O FTT, *First Time Through*, é um indicador que permite avaliar a qualidade e eficiência do produto. É calculado através da equação (1) e mede a percentagem de unidades produzidas que não precisam de ser retrabalhadas ou corrigidas (Chiarini, 2013).

$$FTT = \frac{\text{Unidades Produzidas} - \text{Unidades Defeituosas}}{\text{Unidades Produzidas}} * 100 \quad (1)$$

- **OEE – Overall Equipment Effectiveness**

A métrica OEE, *Overall Equipment Effectiveness*, é um indicador da eficiência do equipamento desenvolvido por Seiichi Nakajima que baseia os seus valores em três elementos: *First Time Through* (FTT), *Performance* (P) e Disponibilidade (A – “*Availability*”) (Tanco, Santos, Rodriguez, & Reich, 2013).

Esta métrica é uma medida de avaliação tradicional da Manutenção Produtiva Total (TPM) que compara o nível operacional com o potencial ideal do desempenho do processo e tem como objetivo identificar as causas das perdas que influenciam o potencial operacional ideal, e implementar ações corretivas. Com o decorrer dos anos, esta métrica começou a ser utilizada também em *Lean* e Seis Sigma. Para o cálculo do OEE é essencial a existência de dados sobre a linha de produção (tempo de utilização, funcionamento e operação) e as perdas relacionadas com o processo (perdas de tempo, *scrap*, retrabalho). Só a partir desses dados é possível avaliar a Disponibilidade, *Performance* e FTT do processo e posteriormente o OEE (Lanza, Stolla, Strickera, Petersa, & Lorenza, 2013).

A disponibilidade (A) é dada pela equação (2) e reflete a relação entre o tempo disponível para a produção e o tempo que é perdido em *downtimes*.

$$A = \frac{\text{Tempo disponível} - \text{downtime}}{\text{Tempo disponível}} * 100 \quad (2)$$

A *performance* (P) do processo de produção é dada equação (3).

$$P = \frac{\text{Produção conforme}}{\text{Produção total}} * 100 \quad (3)$$

Desta forma, a métrica OEE é obtida através da equação (4).

$$OEE = FTT * A * P \quad (4)$$

2.1.2. Sistemas Seis Sigma

O Seis Sigma (SS) é utilizado com o objetivo de reduzir o número de produtos não conformes e a variabilidade de um processo de forma a melhorar e otimizar o mesmo (Laguna & Marklund, 2013). Entende-se por produto não conforme, aquele que não satisfaz uma ou mais especificações do cliente

ou seja, aquele que contém um ou mais defeitos (não conformidades) que afetam significativamente a utilização segura e eficaz do produto (Montgomery, 2009).

Nos tópicos seguintes serão descritos a origem e os fundamentos dos sistemas Seis Sigma, bem como os métodos e ferramentas utilizadas, nomeadamente o DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve e Control*).

2.1.2.1. Origem e fundamentos Seis Sigma

O Seis Sigma teve origem no final dos anos 80 e ao longo do tempo passou por 3 gerações distintas (Figura 2.5). A primeira geração (1985-1993) focou-se na redução de defeitos e da variabilidade no processo produtivo, tendo como principal impulsionadora a empresa Motorola. Na segunda geração (1993-2002), além dos objetivos da geração precedente são introduzidos os conceitos de redução de custos e satisfação do cliente, em todos os processos. Por outro lado, a terceira e última geração (2002-atualidade), introduz o conceito de criação de valor para todos os *stakeholders* (Montgomery, 2009) (Laguna & Marklund, 2013).

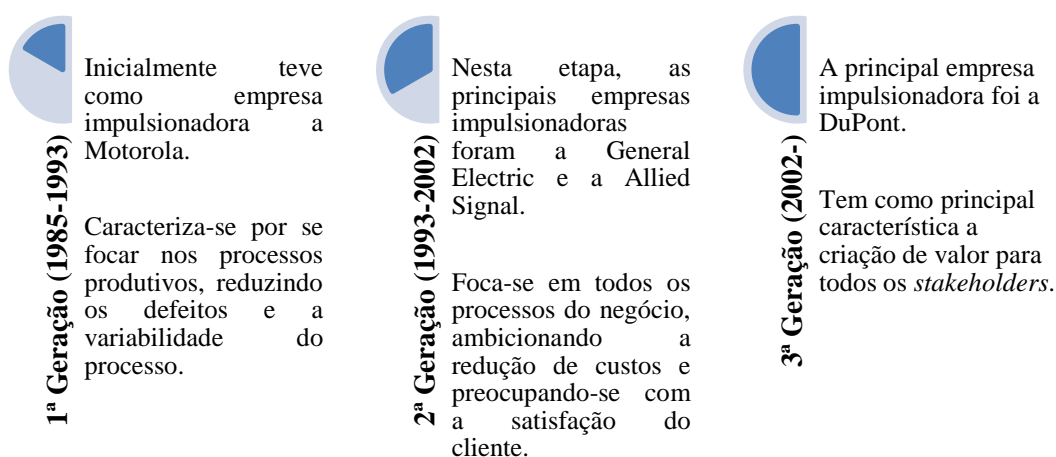


Figura 2.5 – Evolução da metodologia Seis Sigma

Esta metodologia tem duas perspetivas:

- **Perspetiva Estatística** – Como referido anteriormente, a redução da variabilidade do processo é um dos objetivos da aplicação do Seis Sigma. Sigma (σ), em termos estatísticos, representa o desvio padrão do processo (Kwak & Anbari, 2006) (Mehrjerdi, 2011). Na Figura 2.6 é possível observar a diminuição da variabilidade com o aumento do nível sigma.

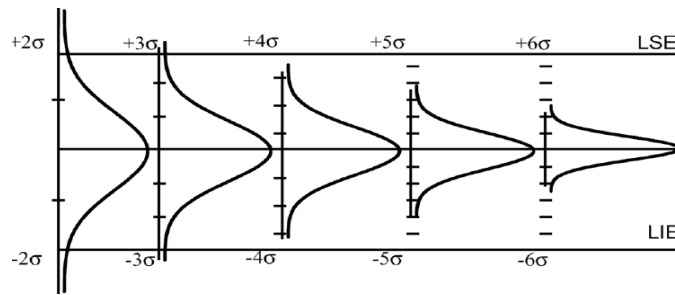


Figura 2.6 – Redução da variabilidade do processo

[Fonte: Guerra (2014): p.6]

Esta perspectiva tem intrínseco o conceito de DPMO (Defeitos por Milhão de Oportunidades), unidade representativa do nível sigma, relacionando a quantidade de defeitos com a capacidade do processo. Este valor é dado através da equação (5) (Kwak & Anbari, 2006).

$$DPMO = \frac{\text{Número total de defeitos}}{\text{Número total de oportunidades} \times \text{Número total de unidades}} \times 10^6 \quad (5)$$

E o nível sigma do processo é dado pela equação (6) (Marques, 2011):

$$\text{Nível Sigma} = 0,8406 + \sqrt{29,37 - 2,221 \times \ln(DPMO)} \quad (6)$$

O Seis Sigma tem como objetivo a obtenção de menos de 3,4 defeitos por milhão de oportunidades, equivalendo a uma taxa de eficiência de 99,9997%. No Anexo II encontram-se os níveis sigma expectáveis para processos com comportamento normal (de longo ou curto prazo) e o respetivo valor de DPMO, percentagens de defeitos e taxas de rendimento.

- **Perspetiva Financeira** – Define a metodologia Seis Sigma como uma estratégia de melhoria e otimização de todas as operações de um processo, com o âmbito de satisfazer as necessidades dos clientes (Kwak & Anbari, 2006).

Outro conceito que surgiu posteriormente foi o *Design for Six Sigma* (DFSS). Este tem como objetivo a redução da variabilidade, tal como o Seis Sigma, mas neste caso é aplicado no desenho de processos produtivos e de novos produtos. Idealmente, as ferramentas Seis Sigma/DMAIC, DFSS e *Lean* devem ser utilizadas simultaneamente de modo a alcançar níveis elevados de *performance* no processo e melhorias significativas no negócio sendo que a junção do Seis Sigma com DFSS e *Lean*, tem sido mais bem-sucedida do que os seus antecessores como o TQM, Gestão para a Qualidade Total

(*Total Quality Management*). Na Figura 2.7, encontram-se referenciados aspetos complementares entre os três tipos de ferramentas (Montgomery, 2009).

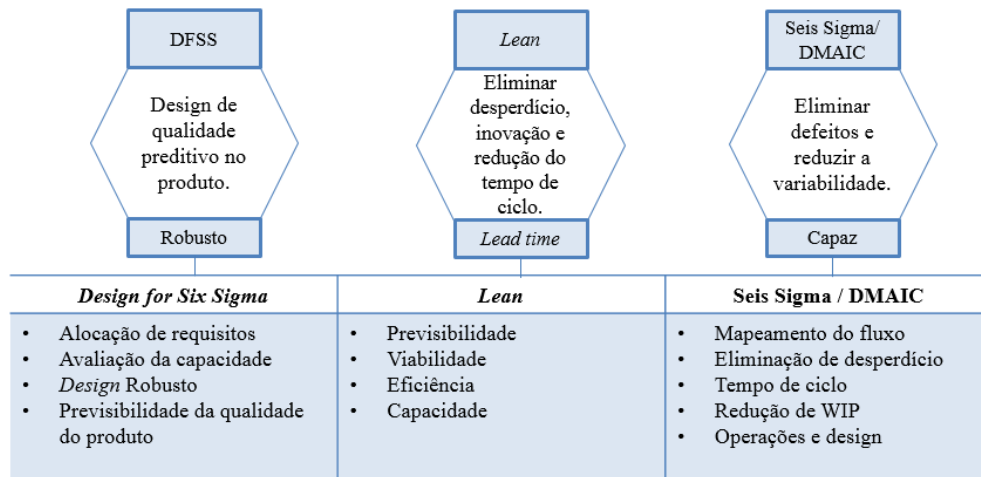


Figura 2.7 – Aspetos complementares entre DFSS, *Lean* e Seis Sigma

[Fonte: Montgomery (2009): p.35]

2.1.2.2. *Métodos e ferramentas Seis Sigma*

O modelo DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve e Control*), Figura 2.8, é utilizado em Seis Sigma e emprega ferramentas ao longo das cinco fases com o intuito de melhorar o processo e reduzir a variabilidade (Montgomery, 2009).

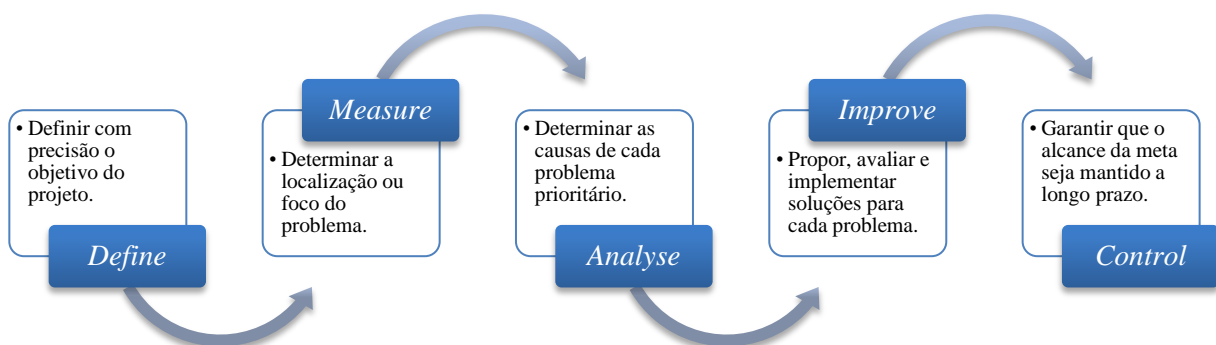


Figura 2.8 – Modelo DMAIC

Na Tabela 2.2, serão definidos os objetivos a atingir em cada fase do DMAIC e sugeridas algumas ferramentas que podem ser aplicadas para a sua execução (Brook, 2010) (Pinto, 2012) (Khandekar & Sulakhe, 2014).

Tabela 2.2 – DMAIC: Fases, objetivos e algumas das ferramentas utilizadas

Fase	Objetivos	Ferramentas utilizadas
D <i>Define</i>	Definição dos objetivos do projeto, identificação do âmbito, da equipa envolvida e qual o cliente associado ao projeto.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Project Charter</i>; • VOC (Voz do Cliente); • SIPOC (<i>Supplier, Input, Process, Output, Costumer</i>); • Fluxograma.
M <i>Measure</i>	Definição da <i>baseline</i> do projeto. Estabelecer quais as métricas a avaliar que ajudem a monitorizar o progresso até atingir o objetivo definido na etapa anterior. Recolha de dados.	<ul style="list-style-type: none"> • Medição dos sistemas de análise (MSA); • Cartas de Controlo; • Diagrama de Pareto.
A <i>Analyse</i>	Análise dos dados obtidos de forma a identificar os fatores críticos e identificação das causas-raiz que originam defeitos no processo.	<ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de <i>Ishikawa</i>; • Desenho de Experiências (DOE); • Matriz FMEA; • Fluxograma; • Testes de hipóteses.
I <i>Improve</i>	Estabelecer alterações no processo que levem à melhoria do mesmo e à eliminação dos defeitos identificados, sempre com visão nas necessidades do cliente.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Brainstorming</i>; • 5 Porquês.
C <i>Control</i>	Garantir que as soluções implementadas funcionaram com sucesso e que estas consigam ser sustentadas após o término do projeto.	<ul style="list-style-type: none"> • Cartas de controlo; • Testes de hipóteses; • Auditorias.

2.1.3. Sistemas TOC

Os Sistemas de Teoria das Restrições (TOC) têm como âmbito a identificação de estrangulamentos no processo produtivo e logístico, ou seja, identificação de atividades num processo onde o recurso é mais escasso. Ao longo dos próximos tópicos, será identificada a origem e os fundamentos dos Sistemas TOC, bem como as metodologias e ferramentas utilizadas.

2.1.3.1. Origem e fundamentos TOC

Em 1984, Eliyahu M. Goldratt lançou o livro “*The Goal*” introduzindo a Teoria das Restrições (TOC). Neste livro, o autor enfatiza que a TOC é uma filosofia de gestão que visa atingir a melhoria contínua nas organizações e tem como principal objetivo maximizar os resultados operacionais e estratégicos das organizações (Okimura & Souza, 2012). A TOC aborda as organizações como sendo um sistema, ou seja, como uma inter-relação entre processos que atuam em sintonia para transformar *inputs* em *outputs* de forma a atingir um determinado objetivo (Pirasteh & Farah, 2006). Desta forma, os sistemas são associados a cadeias de valor, e a ligação mais fraca dessas cadeias é considerada como estrangulamento/restrrição (fator limitativo). As restrições podem ser divididas em dois tipos: físicas, normalmente associadas à capacidade do sistema (como máquinas e pessoas); e políticas, características do negócio que impedem a obtenção de melhores resultados (Ramos, 2010).

2.1.3.2. Métodos e ferramentas TOC

A TOC é constituída por quatro componentes: operacional, estratégica, prescritiva e reflexiva sintetizadas na Figura 2.9.

	Componente Prescritiva	Componente Reflexiva
	Conceitos e Princípios	Análise e Resolução de Problemas
Componente Estratégica	Princípios Conceptuais Prescrições: As Três Questões Básicas Os Cinco Passos Fundamentais Os Seis Níveis da Resistência	Ferramentas Lógicas: Árvore da Realidade Atual (CRT) Diagrama de Resolução de Conflitos (CRD) Árvore da Realidade Futura (FRT) Árvore de Pré-Requisitos (PRT) Árvore de Transição (TT) Princípios de Validação: Categorias de Reserva Legítimas (CLR)
Componente Operacional	Aplicações Lógicas Específicas	Medidas de Avaliação de Desempenho
	Tambor-Reserva-Corda (DBR) Cadeia Crítica (CC) Gestão das Reservas (BM) Análise VAT	Receitas, T Investimento, I Despesas Operacionais, OE

Figura 2.9 – Síntese esquemática da TOC

[Fonte: Tenera (2006): p.90]

O primeiro quadrante junta a componente estratégica com a componente prescritiva, incluindo os princípios e os conceitos associados à TOC. No segundo, que une a componente estratégica com a reflexiva, encontra-se a análise e resolução de problemas através de ferramentas lógicas e princípios de validação. As aplicações lógicas específicas, resultam da junção da componente operacional com a prescritiva (terceiro quadrante). Por fim, no quarto e último quadrante, resultante da união da componente operacional com a reflexiva, são avaliadas as medidas de desempenho. Seguidamente, serão explicados de forma sintética alguns dos conceitos referidos na figura anterior.

Conceito e princípios

Para a implementação deste modelo de gestão, é necessário definir qual o sistema a avaliar, qual o objetivo e como o avaliar, no qual faz parte um ciclo de melhoria composto por cinco passos fundamentais proposto por Goldratt e descritos por Luebbe e Finch (1992):

1. Identificar a restrição do sistema;
2. Decidir como explorar a restrição do sistema;
3. Subordinar todos os outros processos ao processo da restrição;
4. Elevar a restrição do sistema: a capacidade da restrição deve ser aumentada, uma vez que esta limita a *performance* do sistema;

5. Se num passo anterior a restrição for quebrada, voltar ao primeiro passo.

Após caracterizar as alterações a realizar, é necessário ter em atenção os Seis Níveis de Resistência à mudança: negação do problema; negação da solução; negação dos resultados; negação da implementação e por fim aceitação passiva da solução (Tenera, 2006).

Análise e Resolução de Problemas

Para a análise e resolução de problemas, são utilizadas as seguintes ferramentas lógicas:

- **Árvore da Realidade Atual (CRT)** – Identifica as fraquezas do negócio e as possíveis causas do problema (Tenera, 2006) (Chou, Lu, & Tang, 2012);
- **Diagrama de Resolução de Conflitos (CRD)** – Este digrama é aplicado para a resolução de conflitos escondidos da organização que estendem problemas crónicos (Tenera, 2006);
- **Árvore da Realidade Futura (FRT)** – Possibilita analisar quais as ações a tomar para a resolução de conflitos e atingir os resultados esperados (Tenera, 2006) (Chou *et al.*, 2012);
- **Árvore dos Pré-Requisitos (PRT)** – Identifica como ultrapassar os obstáculos e a quais os objetivos (Tenera, 2006);
- **Árvore de Transição (TT)** – Esta árvore desenvolve os passos necessários para que as ações sejam implementadas (Tenera, 2006).

Estas ferramentas têm como princípio de validação as categorias de reserva legítima (CLR). A validade das conexões causais entre factos, hipóteses e conclusões é regida por regras destacando-se entre elas: clareza, existência da entidade, existência de causalidade, causas adicionais, causas insuficientes, entre outras (Dettmer, 1997) (Dettmer W. , 2006) (Nicholson & Schmorow, 2013).

Aplicações Lógicas Específicas

De entre as aplicações lógicas específicas, a mais comum é o Tambor-Reserva-Corda (*Drum-Buffer-Rope* -DBR). O DBR é um modelo de programação da produção que promove a constituição de reservas estratégicas e a sincronização dos fluxos através de mecanismos logísticos de alerta. Os materiais e componentes são empurrados para o sistema produtivo por um mecanismo de libertação (corda), garantindo o ajuste das necessidades às flutuações na cadência produtiva do recurso limitativo (tambor). Quando entram no sistema, os materiais e componentes são puxados pelos centros de processamento subsequentes, à semelhança do JIT. Este modelo pode assim ser considerado um modelo híbrido (Tenera, 2006) (Ramos, 2010).

Medidas de Avaliação de Desempenho

As medidas de avaliação do desempenho segundo a TOC são (Tenera, 2006):

- As receitas, T , que o sistema gera através das vendas por unidade de tempo;
- O investimento, I , valor investido para que exista geração de receitas (matérias-primas, equipamentos, entre outros);
- As despesas operacionais, OE , que representam as despesas em transformar o investimento em receitas.

2.1.4. Comparação de sistemas clássicos

Nos Sistemas *Lean/JIT* a melhoria contínua dos sistemas de produção e logísticos é efetuada através da identificação do fluxo de valor, eliminando desperdícios e atividades que não agregam valor e procurando um fluxo contínuo de materiais e informação (Okimura & Souza, 2012). Nos Sistemas Seis Sigma essa melhoria é efetuada através da redução da variabilidade do processo e, por sua vez, na TOC é realizada através da focalização na identificação e eliminação de estrangulamentos/restrições no processo (Pacheco, 2014). Na Tabela 2.3 encontra-se a comparação entre os três sistemas clássicos apresentados, demonstrando a teoria que seguem, o seu foco, os pressupostos, os efeitos que têm num sistema, os pontos fracos de cada um (“Críticas”) e o seu impacto financeiro.

Tabela 2.3 – Comparações entre os três modelos clássicos

[Adaptado de: Sproull (2009): p.xxxiii]

	<i>Lean</i>	Seis Sigma	Teoria das Restrições
Teoria	Eliminação de desperdícios e identificação do valor	Redução da variação	Gestão das restrições
Foco	Foco no fluxo	Foco no problema	Restrições do sistema
Pressuposto	Eliminação do desperdício irá melhorar o desempenho do processo.	O <i>output</i> do sistema irá melhorar se existir a redução da variabilidade de todos os processos.	Interdependência de processos. Enfase na velocidade e no volume.
Efeito primário	Redução do tempo de fluxo	Padronização/Uniformização do processo	Ganhos rápidos
Efeito secundário	Menos variação; Padronização; Menos inventários; Melhoria da qualidade.	Menos desperdícios; Ganhos rápidos; Menos inventário; Melhoria da qualidade.	Menos inventários e desperdícios; Melhoria da qualidade.
Críticas	Estatística ou sistemas de análise não são avaliados.	Interação do sistema não é considerada. Melhoria do processo de forma independente.	Análise de dados não é avaliada.
Impacto financeiro	Redução do inventário e custo operacional.	Redução do custo operacional.	Aumento dos ganhos.

Por outro lado, a Tabela 2.4 apresenta de forma resumida a complementaridade dos três modelos de sistemas produtivos, identificando quais os pontos fortes (“Forças”), os pontos fracos (“Fraquezas”) e quais os pontos que se complementam (“Complementaridade”).

Tabela 2.4 – Complementaridade entre os três modelos

[Adaptado de: Sproull (2009): p.xxxv]

	<i>Lean</i>	<i>Seis Sigma</i>	<i>Teoria das Restrições</i>
Forças	1 – Oferece uma estratégia para integrar melhorias no processo através do mapeamento do fluxo de valor, de forma a reduzir desperdícios e maximizar a agregação de valor. 2 – Defende a inovação do processo. 3 – Resposta rápida para soluções óbvias. 4 – Envolvimento da equipa em todos os níveis hierárquicos, combatendo a resistência à mudança.	1 – Abordagem estatística para resolver problemas complexos. 2 – Recolha de dados que suportem o objetivo. 3 – O foco na redução da variabilidade melhora a previsibilidade e reduz os riscos.	1 – Simplificação dos processos com foco nas restrições dos mesmos. 2 – Avalia todos os processos dentro de um conceito sistémico. 3 – Distingue entre restrições políticas e físicas. 4 – Promove a melhoria dos indicadores (ganhos, inventário e custos operacionais).
Fraquezas	1 – Pode promover a tomada de decisões que envolvam riscos sem equilíbrio razoável com a consequência. 2 – Pode não promover evidências suficientes dos benefícios do negócio perante uma gestão tradicional. 3 – Limitado quando lida com problemas com interatividade complexa e recorrente.	1 – Os métodos estatísticos não são adequados para a análise da integração do sistema. 2 – Forte dependência de métodos estatísticos. 3 – O forte foco na estabilidade do processo pode levar à aversão ao risco e poderá penalizar abordagens inovadoras.	1 – Demasiado ênfase na exploração da restrição pode levar a aceitar ou tolerar grandes perdas nos processos que não são restrições do sistema. 2 – Se o processo subjacente é inadequado, este pode não alcançar as metas e objetivos. 3 – Não existe necessidade de mudança cultural.
Complementaridades	1 – Força 3 do Seis Sigma. 2 – Força 2 do Seis Sigma e Força 4 do TOC. 3 – Força 1 do Seis Sigma e Força 3 do TOC.	1 – Força 1 do <i>Lean</i> e Força 2 do TOC. 2 – Força 2 e 3 do <i>Lean</i> . 3 – Força 2 do <i>Lean</i> .	1 – Força 1 do <i>Lean</i> e Força 2 do Seis Sigma. 2 – Força 2 do <i>Lean</i> . 3 – Força 4 do <i>Lean</i> .

Em suma, os três sistemas clássicos complementam-se da seguinte maneira: o *Lean* auxilia na redução de desperdícios e na agregação de valor do ponto de vista do cliente, através de ferramentas de mapeamento do fluxo de valor, envolvendo todos os níveis hierárquicos, o que facilita a mudança de cultura para a cultura com visão na melhoria contínua; o Seis Sigma tem foco na redução da variabilidade, promovendo a estabilidade e previsibilidade de um processo, através de métodos estatísticos para resolução de problemas complexos; por sua vez, a TOC auxilia na identificação das restrições do sistema, com o objetivos de implementar melhorias no sistema que tenham impacto nos indicadores (ganho, inventário e custos operacionais). Estes três sistemas têm como efeitos comuns a

redução de inventário e desperdícios e a melhoria da qualidade. Desta forma, a integração destes sistemas, resultando em sistemas híbridos/integradores revela-se vantajosa para as organizações.

Quando o sistema produtivo analisado é instável ou composto por processos produtivos instáveis, é de difícil identificação a restrição ou processo que estrangula o fluxo produtivo, pelo que a aplicação da TOC se torna inviável uma vez que esta tem como pressuposto a interdependências dos processos. Essa identificação torna-se inviável uma vez que se corre o risco de escolher erradamente o processo da restrição, bem como a obtenção de falsos indicadores de desempenho. Por esse motivo, para este tipo de processos é vantajoso a aplicação de *Lean* e/ou Seis Sigma numa fase inicial com o objetivo de estabilizar os processos, reduzindo os desperdícios e as fontes de instabilidade e variação neles existentes. É importante referir que nenhum dos sistemas clássicos apresentados possui métodos ou ferramentas para melhoria contínua em sistemas logísticos de produção.

2.2. *Sistemas Híbridos/Integradores*

Os sistemas clássicos (*Lean*, Seis Sigma e TOC) têm contribuído para que diversas organizações se tornassem mais competitivas e inovadoras. A procura por melhores resultados levou os investigadores e as próprias organizações a proporem novos sistemas que resultam da integração de sistemas clássicos, os sistemas híbridos. Diversos autores, como Pirasteh e Fox (2010) e Moura (2010), defendem que o uso integrado dos sistemas clássicos traz benefícios e resultados financeiros mais expressivos.

No presente tópico serão apresentados três sistemas híbridos distintos: *Lean* Seis Sigma (LSS), TOC *Lean*, e TOC *Lean* Seis Sigma (TLS), destacando-se os seus fundamentos e objetivos a atingir.

2.2.1. *Sistemas Lean Seis Sigma (LSS)*

Através dos sistemas *Lean* Seis Sigma adiciona-se velocidade (através da redução do tempo de ciclo), valor acrescentado e fluxo ao conceito DMAIC, proporcionando uma visão e análise global do processo. Deste modo a utilização de conceitos *Lean* integrados em Seis Sigma, permitem não só a criação de fluxo e eliminação de desperdícios, como a redução da variabilidade promovendo assim, a melhoria contínua (Hambleton, 2008). Segundo Snee (2010), o LSS pode ser definido como uma estratégia de negócio e ao mesmo tempo como uma metodologia que aumenta a performance do processo, resultando numa melhor satisfação do cliente e melhores resultados através da redução de desperdícios, do tempo de ciclo e da instabilidade do processo (Figura 2.10).

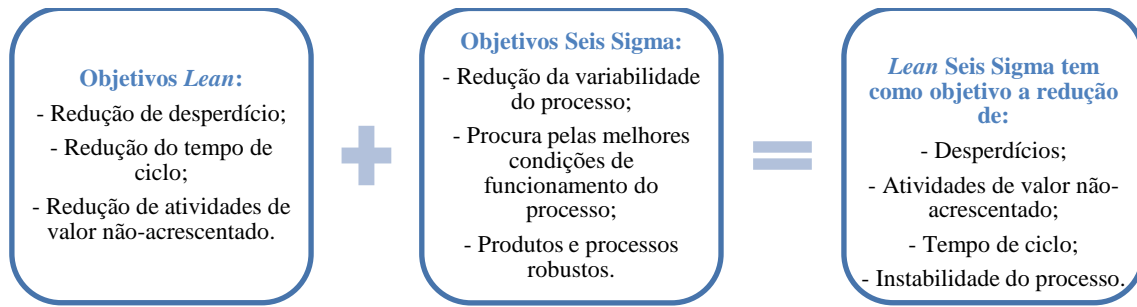


Figura 2.10 – Objetivos *Lean*, Seis Sigma e *Lean Seis Sigma*

2.2.2. Sistemas TOC *Lean*

A integração da Teoria das Restrições (TOC) com *Lean*, tem como foco o aumento da capacidade de produção e da *performance* do processo, através da identificação das restrições que existem no mesmo e da sincronização de processos a montante e jusante, utilizando ferramentas TOC e *Lean*. A integração destes dois sistemas tem como principais objetivos (Sproull, 2009):

- Após a identificação das restrições, garantir o foco nestas de forma a maximizar as receitas e reduzindo inventário e despesas operacionais do processo;
- Utilização de métodos e ferramentas que potencializem a maximização da melhoria;
- Garantir a sinergia e envolvimento de toda a organização para atingir os objetivos definidos.

2.2.3. Sistemas TOC *Lean Seis Sigma* (TLS)

Os sistemas TOC *Lean Seis Sigma* integram fundamentos, métodos e ferramentas destes três tipos de sistemas distintos que permitem a melhoria contínua dos sistemas através da redução de desperdícios, da redução da variabilidade e da identificação dos processos restritivos. São ainda poucos os trabalhos desenvolvidos nesta linha de pensamento, mas são conhecidos alguns modelos como: modelo iTLS® desenvolvido por Pirasteh e Fox (2010); modelo *Ultimate Improvement Cycle* (UIC) desenvolvido por Sproull (2009); modelo TOCLSS desenvolvido pelo Instituto AGI (2010); e modelo Excelência 360° desenvolvido por Moura (2010).

A empresa Sanmina-SCI, realizou uma experiência em 21 fábricas ao longo de dois anos e meio, onde se realizaram mais de 100 projetos diferentes. Dessas fábricas, 11 utilizaram o modelo Seis Sigma, 4 o modelo *Lean* e 6 o modelo híbrido TOC *Lean Seis Sigma*. Quando comparadas em termos de contribuição para a redução de custos, Figura 2.11, as 6 fábricas que implementaram TLS, contribuíram em 89% no total da redução de custos, enquanto as fábricas que implementaram Seis Sigma contribuíram com 7% e as que implementarem *Lean* com 4% (Woepfel, 2009) (Ramos, 2010).



Figura 2.11 – Contribuição para a redução de custos de cada modelo

Este estudo indicia vantagens para uma empresa na utilização de um modelo híbrido que une TOC, *Lean* e Seis Sigma.

2.3. Caracterização Geral de Sistemas Logísticos

Segundo o *Council of Logistics Management* entende-se por logística "... a parte do processo da cadeia de abastecimento, que planeia, implementa, e controla, de um modo eficiente e eficaz, o fluxo e a armazenagem de produtos, serviços e da informação com ele relacionada, desde o ponto de origem até ao ponto de consumo, em conformidade com as necessidades dos clientes" (USAID, 2011).

Neste capítulo serão abordados dois tipos de logística que se tornam cruciais para a da organização produtiva: a logística de produção e a logística de armazém.

2.3.1. Logística de Produção

A integração da logística com a produção é denotada pela gestão dos *stocks* existentes na produção. O desempenho da logística de produção afeta direta e significativamente o abastecimento das linhas de produção e o fluxo de *stock* temporário (*work in process* - *WIP*) (Monteiro, Lelis, & Rodrigues, 2010). Segundo Taylor (2005), dentro de uma instalação de produção, existem diferentes tipos de *stocks*:

- **Stock de matéria-prima** – Constituído por materiais para serem utilizados na produção;
- **Stock temporário ou WIP** – Constituído por materiais em ainda processamento;
- **Stock de produtos acabados** – Constituído por produtos acabados que se encontram em espera, para serem transportados para o processo seguinte ou para serem armazenados.

O arranjo físico da instalação produtiva tem como preocupação o posicionamento dos processos e dos materiais, bem como dos fluxos envolvidos nos mesmos, tendo um impacto significativo na *performance* do sistema de produção (Monteiro *et al.*, 2010) (Yang, Su, & Hsu, 2000) (Hale, Huq, &

Hipkin, 2012). Desta forma, é importante que a definição da configuração da instalação física tenha em consideração alguns fatores importantes como (Monteiro *et al.*, 2010):

- As condições de trabalho nas diferentes unidades organizacionais;
- Os fluxos de produção e de processo;
- Disposição física dentro dos postos de trabalho;
- Movimentação de pessoas e transporte de produtos e materiais.

O manuseamento do material, o transporte e a configuração da instalação constituem cerca de 20-50% do total dos custos operacionais num sistema produtivo. A redução destes custos torna-se uma evidente oportunidade de melhoria que pode ser alcançada através da otimização das distâncias e fluxos de materiais entre departamentos ou áreas produtivas, potencializando uma melhor *performance* do sistema produtivo e logístico (Hale *et al.*, 2012) (De Carlo, Arleo, Borgia, & Tucci, 2013).

2.3.1.1. *Systematic Layout Plannig (SLP)*

O *Systematic Layout Planning* foi desenvolvido por Richard Muther em 1973 e usa um sistema de taxas de relacionamento procurando localizar os departamentos na configuração da instalação de acordo com as relações existentes entre eles de forma a minimizar o manuseamento e os tempos de transporte (Tortorella & Fogliatto, 2008). O método SLP, Figura 2.12, encontra-se dividido em três fases: Análise, Pesquisa e Seleção.

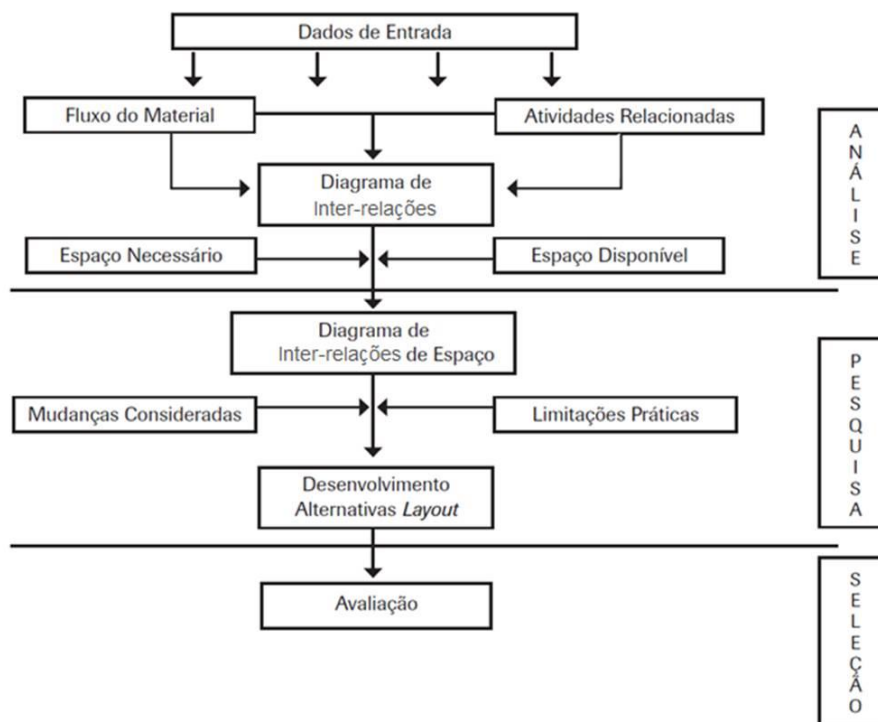


Figura 2.12 – Método SLP

[Adaptado de: Tortorella & Fogliatto (2008): p.611]

Na primeira fase do método SLP, Análise, é feita a análise PQRST (produto, quantidade, rota, suporte e tempo) que auxilia na recolha de dados de entrada (*inputs*) para a resolução do problema. Nesta fase são avaliados os fluxos de materiais através da Carta De-Para (carta representa a intensidade de fluxo entre os diferentes departamentos). As atividades relacionadas são qualitativamente avaliadas aos pares, de forma a definir qual a necessidade de proximidade entre departamentos. A avaliação qualitativa é feita através das letras: A, E, I, O, U e X. Após esta relação, é elaborado o diagrama de relacionamento que posiciona e define as taxas de relacionamento entre departamentos, indicando quais devem estar próximos (Tortorella & Fogliatto, 2008). Na Tabela 2.5 encontram-se os critérios e os índices de relação utilizados para a classificação dos fluxos entre os diversos departamentos num diagrama de relacionamentos (Guimarães, Baêta, Tibiriçá, Tinôco, & Menegali, 2008).

Tabela 2.5 – Classificação das relações e graus de proximidade entre departamentos

Classificação	Relação	Índice de Relação	Grau de proximidade
A	Absolutamente necessário	10	_____
E	Muito importante	5	_____
I	Importante	2	_____
O	Pouco importante	1
U	Desprezável	0	Em branco
X	Indesejável	-10

Na fase de Pesquisa, é elaborado um diagrama de relacionamento de espaço, que relaciona as áreas necessárias para cada departamento ao diagrama de relacionamento. Nesta fase, inicialmente obtém-se o arranjo da configuração da instalação ideal, que posteriormente é rearranjado de forma a tornar-se mais realista mas procurando sempre uma variação mínima em relação ao ideal. As restrições adicionais de projeto e limitações práticas são consideradas antes do desenvolvimento da configuração de blocos.

Por último, a fase de Seleção, procura avaliar a viabilidade das configurações anteriormente obtidas e a aprovação dos departamentos em relação à configuração da instalação escolhida, tendo em conta as restrições inicialmente definidas e indicadores como a adjacência, a relação-distância e o *R-Score* (Tortorella & Fogliatto, 2008).

A adjacência é definida como o grau de proximidade existente entre dois departamentos de uma configuração (Equação 7).

$$Adjacência = \frac{Valor\ total\ de\ todas\ as\ relações\ de\ adjacência}{\sum Relações\ positivas\ existentes\ no\ diagrama\ de\ relação} \quad (7)$$

O cálculo do valor da relação-distância (RDS) é dado pela Equação 8 e resulta da multiplicação das distâncias retilíneas (Equação 9) entre departamentos e pelo índice de relação entre departamentos.

$$RDS = \sum Distância\ entre\ cada\ par\ de\ departamentos \times Valor\ do\ índice\ de\ relação\ entre\ departamentos \quad (8)$$

$$Distância\ retilínea = d(i,j) = |x_i - x_j| + |y_i - y_j| \quad (9)$$

Após o cálculo destes valores, o *R-Score* (Equação 10) é dado pela relação entre o RDS e o *upper bound* (UB), na Equação 11, e *lower bound* (LB), na Equação 12.

$$R - Score = 1 - \frac{RDS - LB}{UB - LB} \quad (10)$$

Onde:

$$UB = \sum Distâncias\ em\ ordem\ decrescente \times Ponderações\ em\ ordem\ decrescente \quad (11)$$

$$LB = \sum Distâncias\ em\ ordem\ crescente \times Ponderações\ em\ ordem\ decrescente \quad (12)$$

O *software* BlocPlan auxilia a utilização do método SLP, utilizando esta abordagem de duas etapas e efetuando os cálculos supramencionados, permitindo uma rápida geração de múltiplas configurações através do *input* do diagrama de relacionamentos e das áreas dos diferentes departamentos a serem consideradas (Tompkins, White, & Bozer, 2003).

2.3.2. Logística de Armazém

Numa cadeia de abastecimento, a armazenagem estabelece o fluxo de material entre o fornecedor e o cliente. Desta forma, um armazém é uma instalação que permite a redução do custo de transporte, alcançar economias de escala na produção ou vendas ou fornecer uma resposta rápida. Consoante o tipo de material que armazenam, podem ser definidos vários tipos de armazém: de matérias-primas, de WIP, de produtos acabados, entre outros. Os armazéns têm passado por vários desafios, como o facto de a cadeia de abastecimento se tornar mais integrada e de menor dimensão, a globalização das operações, a maior exigência por parte dos clientes e a rapidez de mudança das tecnologias (A, Subramanya, & Rangaswamy, 2012). No planeamento de um armazém, é importante ter em conta a redução da distância de deslocação, tornando os movimentos fluidos e contínuos. Existem dois sistemas principais de fluxo num armazém, (Figura 2.13), o *U-Flow* e o *Through-Flow*. O armazém com *U-Flow* tem as docas de receção e expedição lado a lado tendo o fluxo um formato de “U”, como o nome indica. Por outro lado, no *Through-Flow* o fluxo é em linha reta, tendo a receção e a expedição em locais opostos (Scott *et al.*, 2011).

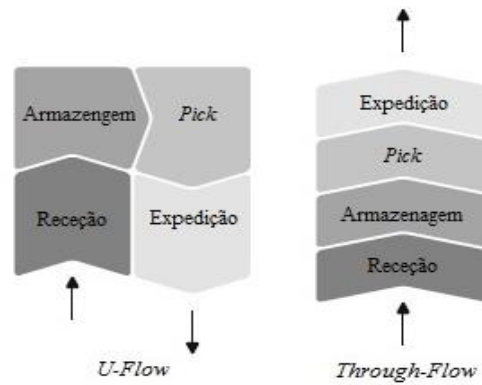


Figura 2.13 – Tipos de fluxo no armazém

[Adaptado: Scott *et al.* (2011): p.87]

Em termos de operações que se realizam no armazém, estas podem ser definidas como:

- **Receção** – Cria registos de *stock*, atribui localizações e docas de expedição (Min, 2007);
- **Pré-embalagem** – Modo de acondicionamento de produtos recebidos a granel, matérias-primas ou produtos (Frazelle, 2002);
- **Put-away** – Manuseamento dos materiais desde um ponto de receção até um ponto de armazenagem (Min, 2007);
- **Armazenagem** – Contenção física de produtos nas localizações do armazém, enquanto estes aguardam uma encomenda por parte do cliente (Bidgoli, 2010);
- **Order Picking** – Recolha de um conjunto de produtos de acordo com um pedido de um cliente (Alonso-Ayuso, Tirado, & Udías, 2013) (Min, 2007);
- **Embalar e/ou etiquetar** – Modo de acondicionar e identificar os produtos individualmente após ser realizado o *picking* (Frazelle, 2002);
- **Divisão e Agregação** – Os produtos recolhidos para um pedido podem ser agrupados em lotes consoante o cliente para que se destinam (Frazelle, 2002);
- **Expedição** – Entrega do produto final ao cliente (Monczka, Handfield, Giunipero, & Patterson, 2009);
- **Cross-docking** – O produto desloca-se da receção diretamente para a expedição, ignorando o processo de *Put-away*/Armazenagem (Min, 2007).

A receção, o armazenamento, o *order picking* e a expedição são consideradas como operações principais e o fluxo natural de produtos é representado pelas mesmas. O *order picking* representa uma das maiores operações em termos de custos e tempo que se realizam no armazém, representado cerca de 55% dos custos totais da atividade existente armazém (Palevich, 2012). Desta forma, é importante desenvolver atividades de melhoria do processo de *order picking*, de forma a reduzir desperdícios.

2.3.2.1. Políticas de Armazenagem

Existem vários métodos para a atribuição dos produtos a localizações num sistema de armazenamento. É comum a utilização de políticas de armazenamento, sendo as mais comuns (Zaerpoura, Kostera, & Yub, 2013):

- **Aleatória** – Cada localização tem uma probabilidade igual de acomodar uma unidade de produto que deu entrada no armazém;
- **Por classes** – O local de armazenamento de um produto é baseado na frequência da procura do mesmo. As unidades são classificadas individualmente através da relação entre a frequência de procura e a distância da localização de armazenagem até à doca, por ordem crescente. Para este tipo de classificação é utilizada análise ABC (Figura 2.14).

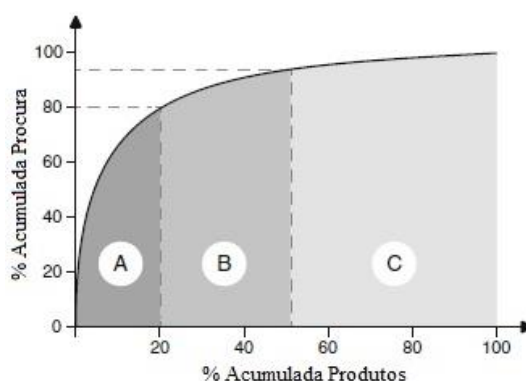


Figura 2.14 – Análise ABC

[Adaptado de: Scott et al. (2011): p.20]

Esta técnica permite identificar, num conjunto de produtos, quais os mais importantes de acordo com um critério de seleção, tendo em conta a taxa de rotação do *stock* e vai de encontro ao Princípio de Pareto em que são definidas três classes distintas A, B e C (Fu, Chen, Hung, & Peng, 2012). Na Classe A os produtos representam cerca de 20% do número total de produtos, mas possuem uma elevada taxa de rotação e representam cerca de 80% do valor total de utilização. A Classe B representa cerca de 30% do número total de produtos, tendo uma taxa de utilização média e representam cerca de 10% do valor total de utilização. Os restantes 50% do número de produtos são classificados como Classe C, tendo uma baixa taxa utilização, cerca de 10% (Bevilacqua, Ciarapica, & Giacchetta, 2008) (Alonso-Ayuso *et al.*, 2013);

- **Baseada no volume total de negócios** – Os produtos são divididos de acordo com o volume de negócios que representam. Os que têm um maior volume de negócios ficam armazenados em localizações perto da doca, o que permite uma maior rapidez de resposta.

Ao contrário da armazenagem aleatória, a atribuição de classes aos produtos e a localização de produtos com maior frequência perto da doca leva à redução no tempo de recolha das mesmas (Zaerpoura *et al.*, 2013). Segundo Chan e Chan (2011), após a classificação ABC é necessário determinar qual a melhor configuração das localizações dos produtos na *rack*. Para efetuar essa análise é necessário ter em conta o tempo que um pedido demora a ser recolhido no armazém (movimentação horizontal e/ou vertical e o tempo de recolha do pedido). Para o nível 1 da *rack*, ou seja, ao nível do chão, o abastecedor apenas se desloca horizontalmente. Para níveis superiores a 1, como são níveis em que as localizações se encontram mais altas às quais o abastecedor só chega com auxílio de uma escada ou empilhador, além da deslocação horizontal, o abastecedor tem que se deslocar verticalmente. Para ambos os tipos de movimento é necessário adicionar o tempo de recolha do produto. Tendo como pressuposto que a velocidade de deslocação é de 50 metros/minuto, o tempo de deslocação horizontal é dado pela equação (13) e o tempo de deslocação vertical é dado pela equação (14).

$$\text{Tempo por movimento horizontal} = \frac{\text{Distância horizontal (em metros)}}{\text{Velocidade de deslocação (em metros por segundo)}} \quad (13)$$

$$\text{Tempo por movimento vertical} = \frac{\text{Distância vertical (em metros)} \times 2}{\text{Velocidade de deslocação (em metros por segundo)}} \quad (14)$$

As configurações da *rack* podem variar de acordo com a distribuição das localizações: ABC horizontal, ABC vertical, aleatória, entre outras. Segundo o estudo efetuado pelos autores, através da simulação em ARENA das configurações da *rack*, a melhor configuração, tendo como critério a redução do tempo de recolha, é obtida através do critério de ABC vertical.

2.3.2.2. *Order Picking*

Como referido, entende-se por *order picking* o processo de recolha de produtos do seu local de armazenagem em resposta a um pedido específico de um cliente (Alonso-Ayuso *et al.*, 2013) (Min, 2007). Dada uma particular ordem de *picking*, o tempo que o abastecedor necessita para concluir a recolha dos respetivos produtos selecionados será denominado *picking* (Henn, Koch, & Wäscher, 2011).

O tempo de processamento do pedido, pelo abastecedor, é assim dividido em (Henn *et al.*, 2011):

- **Tempo de deslocação** – Tempo de deslocação do ponto de entrega à localização do *picking* e desta ao ponto de entrega;
- **Tempo de procura** – Tempo que demora a localizar e identificar os produtos;
- **Tempo de *picking*** – Tempo de recolha dos produtos;

- **Tempo de *setup*** – Tempo consumido entre tarefas administrativas e de *setup* no início e no fim de cada viagem de *picking*, incluindo a recolha de um dispositivo de *picking* vazio e o retorno do mesmo.

Na Figura 2.15, é possível observar que a maior percentagem de tempo gasto, cerca de 50%, é alocada ao tempo de deslocação do *order picker* à localização dos produtos do pedido para efetuar o *picking* (Tompkins *et al.*, 2003).

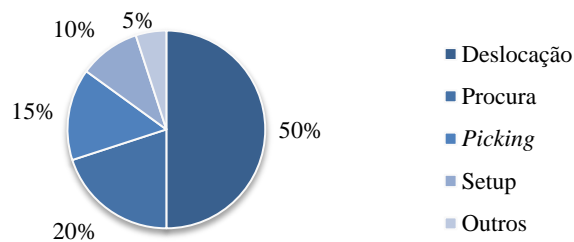


Figura 2.15 – Percentagem de tempo alocada a cada atividade do *order picker*

Num armazém, a configuração de um sistema de *picking* manual é extremamente variável e imprevisível durante a execução do mesmo, uma vez que o abastecedor (*picker*) pode tomar decisões de forma autónoma. O desempenho do abastecedor não é fixo uma vez que o volume que transporta e o meio de transporte pode ser variável (Basile, Chiacchio, & Del Grosso, 2012).

Na maioria dos armazéns, a solução utilizada para a otimização do sistema de *order picking* consiste na criação de uma sequência de *picking* de forma a reduzir o tempo de deslocação. Torna-se demasiado complexo obtenção da solução ótima, pelo que é comum a utilização de algoritmos para a obtenção do caminho mínimo da rota de *picking* (Alonso-Ayuso *et al.*, 2013). Outra possibilidade é a utilização de técnicas de simulação, como em Chan e Chan (2011), onde a simulação de diferentes estratégias de armazenagem e de rotas são estudadas de forma a otimizar a *performance* das atividades de *picking*, ou como Samaranayake, Laosirihongthong, e Chan (2011), onde uma simulação numérica é usada para avaliar o desempenho de uma abordagem integrada com o sistema da cadeia de abastecimento.

2.3.2.3. Métodos de recolha de pedidos

Existem alguns métodos que auxiliam na determinação de quais produtos devem estar na lista de *picking* e a forma como estes são recolhidos do armazém.

No que diz respeito ao método de recolha de pedidos, os principais métodos utilizados são:

- **Picking discreto (*Picker-to-order*)** – É o método mais utilizado, consiste na recolha da totalidade dos produtos de um pedido (*order*), levando o abastecedor percorrer todo o armazém até completar o pedido. Quando a dimensão das encomendas é pequena, este método torna-se desvantajoso uma vez que se despende demasiado tempo na deslocação (Rushton *et al.*, 2010);
- **Picking por lotes (*Batch Picking*)** – Vários pedidos são recolhidos numa só viagem, agrupando-os em lotes. Estes lotes necessitam de ser separados posteriormente consoante o cliente a que se destinam (De Koster, Le-Duc, & Zaerpou, 2012);
- **Picking por zona (*Zone Picking*)** – Existe uma divisão do armazém em diversas zonas, as quais têm um abastecedor atribuído, que se dedica exclusivamente à sua zona. Este método pode ser vantajoso no sentido em que com a rotina os abastecedores acabam por se familiarizar com as localizações dos produtos (De Koster & Le-Duc, 2007);
- **Picking por onda (*Wave Picking*)** – Ao longo de um turno existe um agendamento da recolha de artigos, repetindo-se ao longo do mesmo (Sproull, 2009).

2.4. *Comentários Finais*

Neste capítulo é importante reter os fundamentos de cada um dos sistemas apresentados. Existe complementaridade entre os vários sistemas clássicos: *Lean*, Seis Sigma e TOC. O *Lean* auxilia na redução de desperdícios e na agregação de valor do ponto de vista do cliente, através de ferramentas de mapeamento do fluxo de valor, envolvendo todos os níveis hierárquicos, o que facilita a mudança de cultura para a cultura com visão na melhoria contínua enquanto Seis Sigma tem foco na redução da variabilidade, promovendo a estabilidade e previsibilidade de um processo, através de métodos estatísticos para resolução de problemas complexos e, por sua vez, a TOC auxilia na identificação das restrições do sistema, com o objetivos de implementar melhorias no sistema que tenham impacto nos indicadores (ganho, inventário e custos operacionais). Desta forma, a utilização de sistemas híbridos resultantes da integração de sistemas clássicos torna-se vantajosa para as empresas.

Quando os sistemas produtivos são instáveis, apresentam fragilidades que podem afetar a aplicação da TOC que tem com pressuposto a inter-relação dos processos produtivos. Essa instabilidade pode levar à escolha errada do processo restritivo e consequentemente à avaliação de métricas que não refletem a realidade do sistema produtivo. Nestes casos, é favorável numa fase inicial aplicar *Lean* e/ou Seis Sigma com o intuito de estabilizar os processos, reduzindo os desperdícios e a variabilidade dos mesmos.

Nenhum dos sistemas apresentados, tanto clássicos como híbridos, possui métodos e ferramentas de melhoria contínua aplicadas aos sistemas logísticos de produção e aos seus fluxos, que podem

conter fontes de desperdício e variabilidade e até mesmo serem um elemento restritivo. Desta forma, sentiu-se necessidade de adicionar conceito sobre sistemas logísticos de produção, para que a melhoria contínua do sistema possa ser realizada globalmente (incluído produção e logística).

Relativamente aos sistemas logísticos de produção, conclui-se que a existência de uma configuração da instalação definida com base na adjacência, nos fluxos e nas distâncias percorridas entre as diversas áreas permite agilizar o sistema de transporte e abastecimento, bem como a redução da distância percorrida diariamente e consequentemente o tempo associado a esta atividade. Por outro lado, a logística de armazém torna-se importante pelos mesmos motivos. A definição da armazenagem dos produtos através da análise ABC, a configuração das suas localizações na *rack* e a implementação de um sistema de *order picking* tornam-se vantajosas uma vez que permitem agilizar o processo de armazenagem e abastecimento das linhas de produção. A utilização do *order picking* permite a agilização dos processos de recolha e abastecimento dos materiais desde os armazéns até às linhas de produção.

3. CONCEÇÃO E PROPOSTA DE UM MODELO LSS PARA MELHORIA CONTÍNUA DE UM SISTEMA LOGÍSTICO DE PRODUÇÃO

Neste capítulo será apresentada e descrita uma proposta de implementação de um sistema híbrido. Este sistema híbrido resultará da integração de métodos e ferramentas *Lean* e Seis Sigma, sistema LSS, de forma a melhorar o fluxo produtivo e logístico do processo. Além da integração de *Lean* e Seis Sigma, o modelo terá uma componente de melhoria sistemática do sistema de armazenagem e da configuração da instalação existente tendo por base o fluxo de materiais entre as diferentes áreas, bem como a melhoria do próprio fluxo, uma vez que nos modelos apresentados anteriormente nenhum possuía métodos e ferramentas de melhoria contínua em sistemas logísticos de produção.

3.1. Fases do Modelo Proposto

O sistema LSS proposto será composto por quatro fases: I – Diagnóstico do sistema, II – Análise de dados, identificação de oportunidades de melhoria e seleção dos métodos e ferramentas a utilizar para alcançar as melhorias, III - Proposta de melhorias para posterior implementação e, por último, IV – Implementação e verificação de resultados. Na Figura 3.1, encontra-se a representação do modelo de implementação LSS sugerido onde as fases do modelo estão identificadas através de diferentes cores: Fase I – Azul, Fase II – Verde, Fase III- Cor-de-laranja e Fase IV-Vermelho.

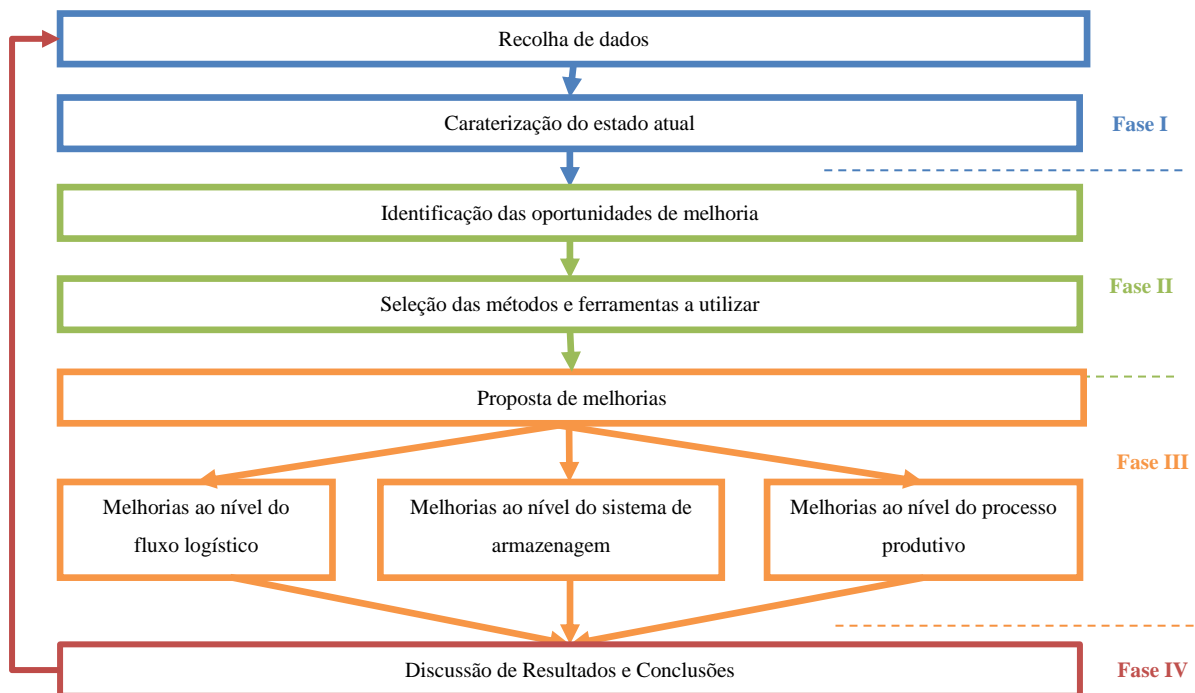


Figura 3.1 – Representação do modelo LSS proposto

Na **Fase I – Diagnóstico do sistema**, será caracterizado o estado atual do sistema em estudo nas três componentes: processo produtivo, fluxo logístico de produção e o sistema de armazenagem a ele associado, através da recolha de dados da produção e do fluxo de materiais. Serão recolhidos indicadores (métricas) de produção como por exemplo o OEE e a percentagem de *scrap* existente em cada um dos processos constituintes do processo de produção bem como os tempos de ciclo tanto produtivos, como logísticos. Por outro lado, serão recolhidos dados sobre as referências a armazenar, o seu comportamento a nível de procura e a capacidade das caixas onde as referências são armazenadas, o tempo que demoram a ser recolhidas, transportadas e abastecidas.

Na **Fase II - Análise dos dados, identificação das oportunidades de melhoria e seleção dos métodos e ferramentas a utilizar para alcançar as melhorias**, serão analisados os dados recolhidos de forma a identificar processos críticos com o objetivo de reduzir desperdícios, agilizar o fluxo e a melhorar *performance* do processo. Nesta fase, é importante identificar quais os processos que podem sofrer alterações que melhorem significativamente o processo de produção, do fluxo logístico e do sistema de armazenagem e quais as ferramentas e metodologias a utilizar.

A **Fase III – Proposta de melhorias para posterior implementação**, serão aplicadas as ferramentas e metodologias escolhidas na fase anterior de forma a propor medidas de melhoria para obter uma melhor *performance* de produção, logística e do sistema de armazenagem, sendo implementadas aquelas que forem aceites pela organização.

Por último, na **Fase IV – Implementação e verificação de resultados**, serão implementadas as melhorias aprovadas pela organização, verificando se estas alcançaram os resultados pretendidos. Após esta fase, retornar à fase I do modelo.

Na Tabela 3.1 são identificados os objetivos gerais de cada uma das fases do modelo proposto.

Tabela 3.1 – Fases e objetivos do modelo LSS proposto

Fase	Objetivos
I – Diagnóstico do Sistema	<ul style="list-style-type: none">- Caracterização do processo de produção;- Caracterização do fluxo logístico e do sistema de armazenagem;- Caracterização da configuração da instalação existente.
II – Análise dos dados, identificação das oportunidades de melhoria e seleção dos métodos e ferramentas para alcançar as melhorias	<ul style="list-style-type: none">- Identificação dos processos críticos;- Identificação de oportunidades de melhoria (redução de desperdício, melhoria da <i>performance</i>);- Seleção das ferramentas e métodos a aplicar.
III – Proposta de melhorias para posterior implementação	<ul style="list-style-type: none">- Aplicação das ferramentas selecionadas;- Propor medidas de melhoria.
IV – Implementação e verificação de resultados	<ul style="list-style-type: none">- Implementação das medidas aceites pela organização;- Discussão dos resultados obtidos.

3.2. Métodos e Ferramentas

Para atingir os objetivos acima estipulados, o modelo utilizará métodos e ferramentas *Lean*, Seis Sigma e de logística de produção. Na Tabela 3.2, encontram-se sintetizados os *inputs* necessários, os métodos e ferramentas aplicados (diferenciando entre *Lean*, Seis Sigma e logística de produção) e o *output* expectável consoante a fase do modelo.

Tabela 3.2 – Inputs, métodos, ferramentas e outputs do modelo LSS proposto

Fase	Input	Lean	Seis Sigma	Logística de produção	Output
I	Caraterização do estado atual do sistema a nível processo produtivo, fluxo logístico de produção e o sistema de armazenagem a ele associado, através da recolha de dados da produção e do fluxo de materiais.	VSM			OEE FTT Scrap Tamanho dos lotes de transporte Tempos de transporte entre processos e armazenagem
II	Análise dos dados obtidos na fase anterior	Eventos Kaizen			Identificação das oportunidades de melhoria
III Melhorias a nível do fluxo logístico	Configuração da instalação Método de transporte e acondicionamento utilizado			Systematic Layout Plannig Métodos de transporte	Novas configurações para a instalação Análise de novos métodos de transporte
III Melhorias a nível do sistema de armazenagem	Dados da produção e do número de movimentos de cada produto			Análise ABC Análise do tempo de recolha de um pedido Order picking	Classificação ABC dos produtos Configuração das localizações dos produtos na rack Sistema de order picking
III Melhorias a nível do processo produtivo	Nível de <i>scrap</i> no processo de produção Proporção de defeitos		DMAIC Diagrama de Pareto Estudos R&R ANOVA Cartas de controlo		Identificação do processo com maior percentagem de <i>scrap</i> . Redução da proporção de defeitos no processo selecionado.
IV	Dados do sistema produtivo e logístico após implementação das melhorias propostas.				Comparação de resultados entre o sistema produtivo e logístico inicial e o sistema após a implementação das melhorias.

4. IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO LSS PROPOSTO: CASO DE ESTUDO

O presente capítulo tem como objetivo uma breve apresentação da organização onde se efetuou o teste do modelo LSS proposto, bem como a definição das metas para o mesmo, passando pela caracterização o processo/produto onde o estudo terá incidência.

4.1. *Introdução ao Caso de Estudo*

O caso de estudo foi realizado no período entre 3 de janeiro e 1 de julho de 2014, na organização Visteon Portuguesa Lda, localizada em Palmela.

Em 1989, a Ford Motor Company teve um “boom” de vendas com cerca de +8,5%, num total de 24.000 unidades levando à criação da Ford Electrónica investindo 120 milhões de dólares em Portugal, construindo uma fábrica em Palmela. Em 1997, a Ford Motor Company anuncia uma nova estratégia de mercado, agrupando todo o sector de componentes para automóvel denominando-o de Visteon. De seguida são enumeradas algumas das datas importantes.

1989 – “Boom” de vendas da Ford Motor Company. Criação da Ford Electrónica que investe 120 milhões de dólares em Portugal (Palmela).

1991 – Outubro - Ford Electrónica Portuguesa inicia a sua produção criando cerca de 1700 postos de trabalho.

1992 – Alargamento da gama de produtos com a inclusão de amplificadores.

1993 – Inclusão de *airbags*.

1994 – Inclusão de painéis de instrumento (“Clusters”) e módulos de Segurança (“PATs”).

1995 – Desenvolvimento de novos modelos de rádios e de módulos de climatização.

1997 – A Ford Motor Company anuncia uma nova estratégia de mercado, agrupando todo o sector de componentes para automóvel denominando-o de Visteon.

1998 – A Visteon expande-se para novas áreas de negócio lançando a fábrica de compressores (ar condicionado para automóveis) e a fábrica de plásticos (“*air handling*”).

2000 – 28 de junho – A Visteon torna-se numa empresa completamente independente trazendo valor acrescentado para o mercado eletrónico do ramo automóvel.

2013 – A Visteon Corporation vende o negócio dos Compressores à empresa coreana Halla. Palmela recebe negócio de Plásticos e Eletrónica da Hungria – novos produtos/clientes, incluindo o *cluster* B299 High no qual incidirá a presente dissertação.

2014 – Aquisição do negócio da Eletrónica da Empresa Johnson Controls.

Atualmente a Visteon Palmela tem um total de 1039 empregados nas áreas de negócio Eletrónica e Plásticos que contam o suporte dos departamentos: Manufatura (Eletrónica + Plásticos); Qualidade e Sistemas; Material, Planeamento e Logística; Finanças; Recursos Humanos e Áreas Internacionais.

4.1.1.1. O produto

O caso de estudo irá incidir na produção do *cluster* B299 High (Figura 4.1), uma vez que este tem um elevado volume de produção (*high runner*). Dessa forma, serão descritos os processos produtivos do mesmo e os fluxos de materiais a eles associados.



Figura 4.1 – *Cluster* B299 High para o cliente Ford

Na Figura 4.2, encontra-se a árvore do produto ou lista de materiais (*Bill of Materials* – BOM) que constituem o produto em estudo, *cluster* B299 High (B299).

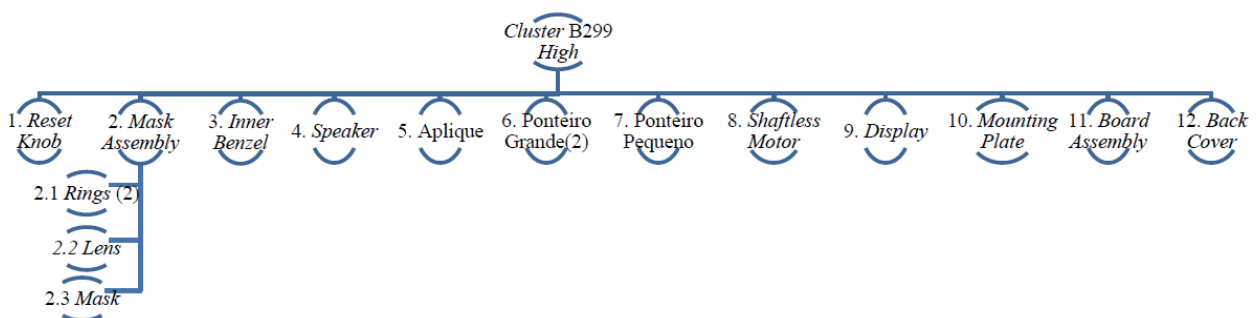


Figura 4.2 – *Bill of Materials* (BOM) do *cluster* B299 High

Para melhor compreensão da BOM, na Figura 4.3 encontra-se a vista explodida do *cluster* com todos os componentes referidos.

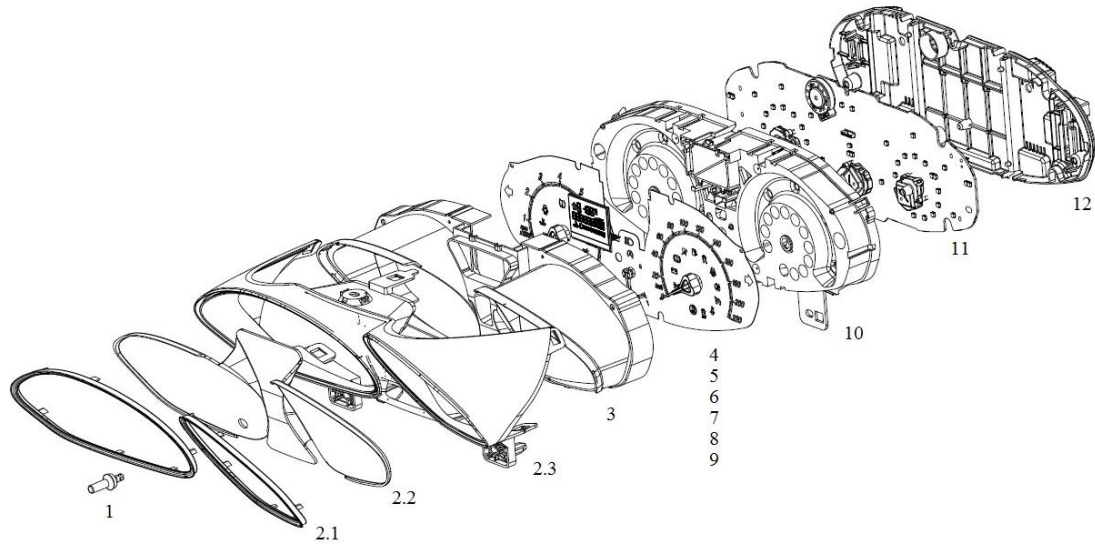


Figura 4.3 – Vista Explodida do *cluster* B299 High

4.1.1.2. O fluxo de produção

O fluxo de produção do *cluster* B299 High (Figura 4.4) é constituído por 4 áreas de produção distintas: Injeção (Cor de Laranja), *PreAssembly* (Verde), *Line 12* (PWB) (Vermelho) e *Final Assembly* (Roxo). Estas áreas de produção têm associados armazéns distintos: Armazém da matéria-prima, Armazém da Parede, Armazém do *PreAssembly*, *Incoming* e Armazém da Produção. Os componentes provenientes de cada um dos armazéns encontram-se na imagem dentro de caixas a tracejado, como por exemplo o PMMA, os *rings* e o LCD.

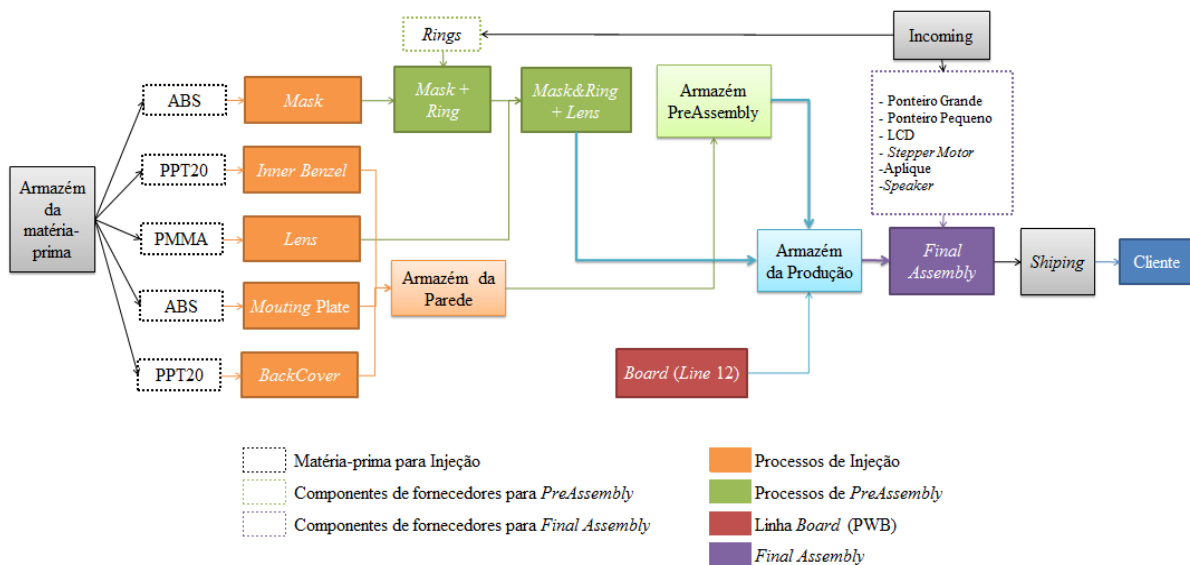


Figura 4.4 – Fluxo de produção do *cluster* B299 High

A configuração da instalação da Visteon Palmela encontra-se no Anexo III com a identificação das diversas áreas de produção e os respetivos armazéns.

O processo de produção do *cluster* é constituído por quatro fases, desenvolvido em áreas distintas:

- **Injeção (Figura 4.5)** - Área onde existe a produção de componentes através do processo de injeção por moldes. No caso do *cluster* B299 High, são injetados os seguintes componentes: *Inner Benzel*, *Mask High*, *Lens High*, *Back Cover* e *Mounting Plate*;



Figura 4.5 – Configuração da Área de Injeção

- **PreAssembly ou PreAssy (Figura 4.6)** – É o processo onde se realiza a pré-montagem de produtos provenientes da injeção. No caso do B299, consiste em duas fases: Primeiro, soldadura da *Mask High* com os *Rings* (provenientes de um fornecedor externo) e posteriormente soldadura a laser da montagem anterior com a *Lens High*, resultando o produto *Mask Assembly*;

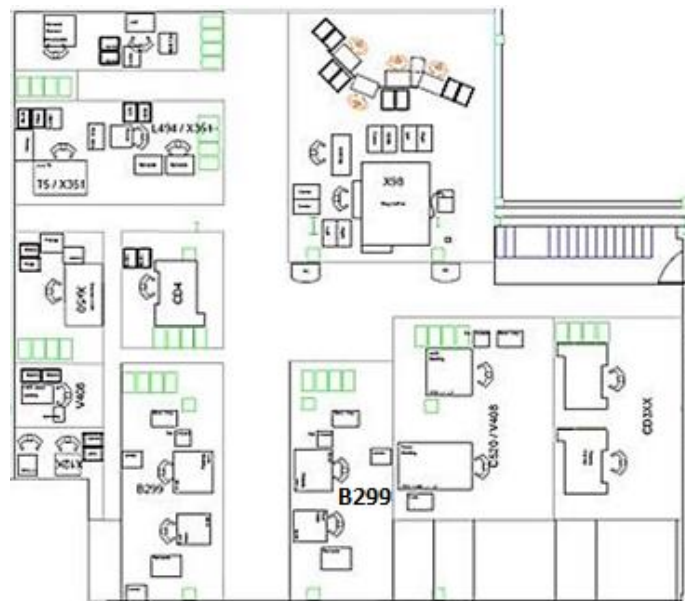


Figura 4.6 – Configuração do PreAssembly

- **Line 12** - Produção das *boards* para o *cluster B299 High*;
- **Final Assembly** - Área onde se realiza a montagem final dos componentes. Para o *cluster B299 High*, a montagem final é realizada através da junção da *Mask Assembly*, do *Inner Bezel*, do *Mounting Plate*, da *Back Cover*, da *Board* e dos outros componentes que se encontram na BOM através da PRAC.

As áreas referidas anteriormente, têm associados os seguintes armazéns:

- **Armazém da matéria-prima (X):** Armazenagem das matérias-primas (como por exemplo PMMA, ABS e PPT20) para o processo de injeção;
- **Armazém da Parede de Injeção (Y):** Armazenagem de produtos provenientes da injeção;
- **Armazém do PreAssembly (Z):** Armazenagem dos componentes provenientes da injeção que são utilizados na pré-montagem dos produtos do *PreAssembly*. Nesta zona está ainda *rack* dos moldes de injeção onde estes são armazenados quando não estão em utilização;
- **Incoming (W):** Receção e armazenagem de produtos de fornecedores externos como por exemplo os *rings*;
- **Armazém da Produção (U):** Armazenagem de produtos provenientes das linhas de produção. No caso do B299, armazenagem do *Inner Bezel*, *Mounting Plate*, *Back Cover*, *Mask Assembly* e *Board*.

O transporte entre a Injeção e o *PreAssembly*, é efetuado através de carrinhos metálicos, acontecendo o mesmo quando se transporta os produtos da Injeção para os armazéns (Y, Z e U).

Quando os produtos têm como destino o Armazém da Produção, os carrinhos são conduzidos de forma automática através de um AGV (*Automated Guided Vehicle*) desde a estação do AGV no Armazém *PreAssembly* até ao Armazém da Produção.

O teste do modelo será realizado com enfoque na Área dos Plásticos. Esta área é constituída pelos processos de Injeção e o *PreAssembly* e pelos armazéns a eles associados (X, Y e Z).

4.1.2. A Área dos Plásticos

Inicialmente, em 2009, a área da injeção dos plásticos era constituída por 7 máquinas de injeção, 2 linhas de montagem, sem injeção de partes cosméticas. A produção diária era de cerca de 450 peças, tendo apenas 2 clientes. Em 2012 a área da injeção dos plásticos era constituída por 17 máquinas de injeção, 1 linha de montagem, com injeção de partes cosméticas. A produção diária aumentou para cerca de 6.000 peças, para 3 clientes.

No início desta dissertação, em janeiro de 2014 a área da injeção dos plásticos era constituída por 35 máquinas de injeção, 17 linhas de montagem, com injeção de partes cosméticas (Figura 4.7). A produção diária aumentou para cerca de 69.000 peças, para 5 clientes.

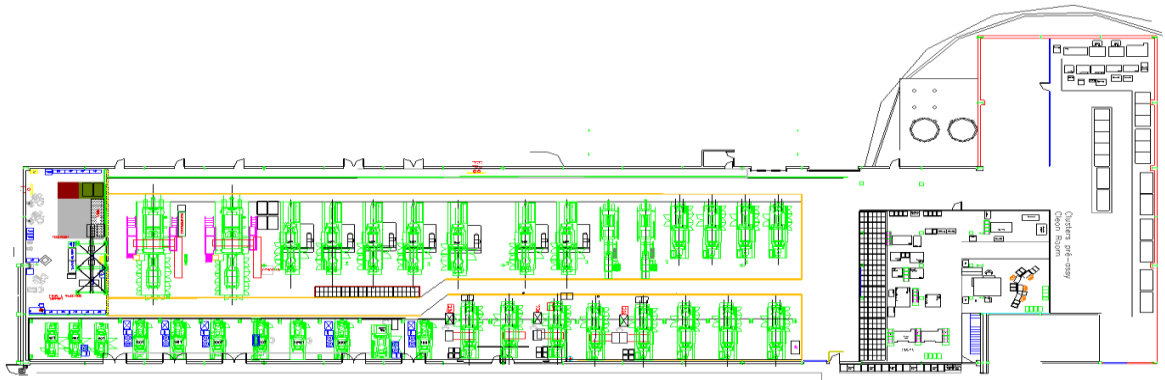


Figura 4.7 – Área dos Plásticos em janeiro de 2014

Atualmente é possível afirmar que a Área do Plásticos é constituída por áreas distintas, Injeção e *PreAssembly*. Cada uma dessas áreas é responsável por um processo diferente na produção do *cluster* B299 High.

Na área de Injeção onde existe a produção de alguns componentes através do processo de injeção por moldes. Nesta área, como referido anteriormente, para o *cluster* B299 High são injetados o *Inner Benzel*, *Mask High*, *Lens High*, *Back Cover* e *Mounting Plate* (Figura 4.8).

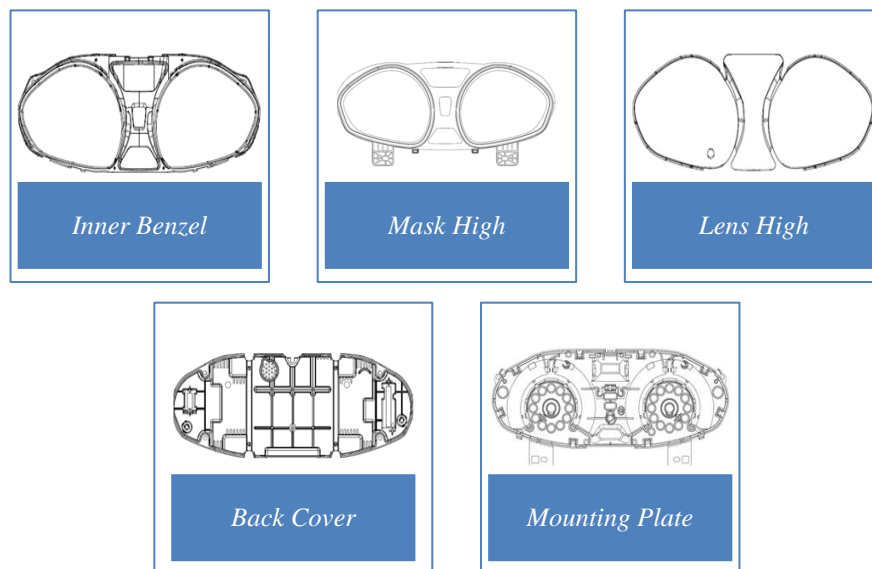


Figura 4.8 – Componentes injetados na área de injeção para o *cluster* B299 High

Existem diferentes matérias-primas para a injeção como o PMMA, ABS e PPT20 dependendo do produto a que se destinam. Algumas delas precisam de passar por um processo de secagem numa estufa de forma a retirar a humidade nelas existente. A Tabela 4.1 ilustra as características dos componentes injetados na área de Injeção para o *cluster B299 High*.

Tabela 4.1 – Características dos componentes produzidos na área de injeção para o *cluster B299 High*

Produto	Molde de Injeção	Máquina de Injeção	Matéria-Prima	Tempo de Secagem (horas)	Temperatura de Secagem (°C)
<i>Inner Bezel</i>	090.1	500/1	PPT20	NA	NA
<i>Mask High</i>	093	500/2	PPT20	2	80±5 °C
<i>Lens High</i>	094; 094.1	500/5 e 500/6	PMMA	3	90±5°C
<i>Back Cover</i>	095	300/9	PPT20	NA	NA
<i>Mounting Plate</i>	096; 096.1	500/3	ABS	2	80±5°C

Na área do *PreAssembly* existe a pré-montagem de produtos provenientes da injeção. No caso do *cluster B299 High*, esta consiste em duas fases: primeiro, soldadura da *Mask* com os *Rings* (provenientes de um fornecedor externo) e posteriormente soldadura a laser da montagem anterior com a *Lens High*, resultando o produto *Mask Assembly*.

4.1.2.1. O processo de injeção

A moldação por injeção é um dos processos mais utilizados para o fabrico de peças plásticas, sendo que as primeiras máquinas de moldação por injeção foram fabricadas em 1930 (Harper, 2006).

Este processo consiste no processamento de material termoplástico, originalmente no estado sólido (normalmente em grânulos), que através da tremonha alimenta a extrusora (Figura 4.9), onde sequencialmente é aquecido até plasticizar, e sob pressão é forçado a entrar dentro do molde. Ao entrar no molde, o material preenche a(s) cavidade(s) e arrefece tornando-se novamente rígido, neste momento a peça resultante do processo de injeção está pronta a ser extraída (Moita, 2007).

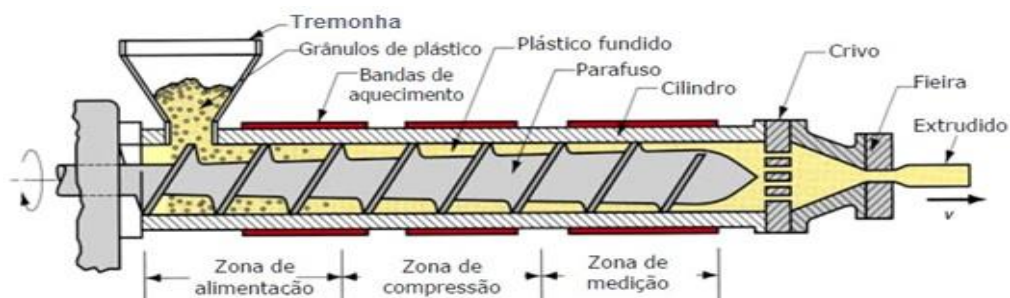


Figura 4.9 – Extrusora

[Fonte: Cefamol (2011): p.6]

Na Figura 4.10, encontram-se ilustradas as 4 principais fases do processo de injeção. Sendo elas divididas em: Fecho do molde; Injeção de plástico na cavidade; Pressurização, plasticização e arrefecimento; Abertura e extração da peça (Moita, 2007) (Cefamol, 2011).

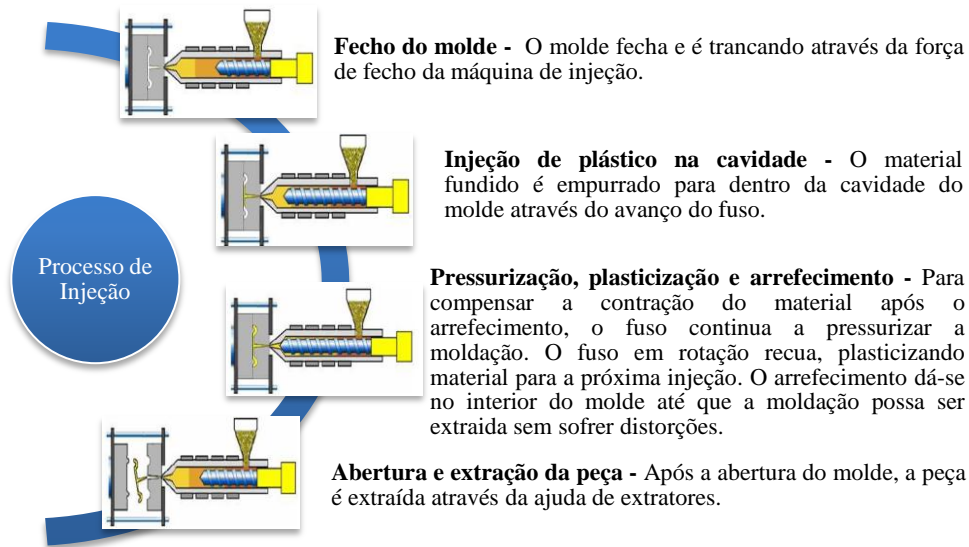


Figura 4.10 – Principais fases do processo de injeção

4.1.2.2. Parâmetros de injeção

O processo de injeção é caracterizado por uma elevada complexidade em termos de parâmetros e variáveis que afetam o processo produtivo, entre eles encontram-se os parâmetros operatórios, os parâmetros do processo e as próprias propriedades do material.

Parâmetros operatórios

A escolha parâmetros operatórios (Figura 4.11) é de extrema importância na fase de testes do molde a fim de encontrar a melhor combinação dos mesmos que leve à produção de peças com melhor qualidade.

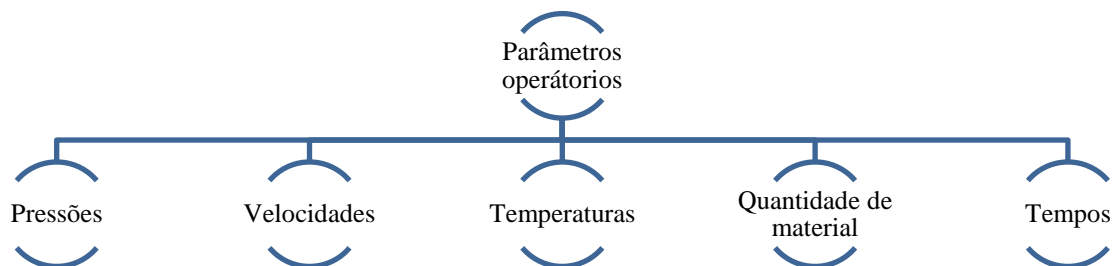


Figura 4.11 – Parâmetros operatórios

De forma a melhor compreender o processo de injeção, serão definidos alguns desses parâmetros (Moita, 2007):

- **Pressão de injeção** – Pressão necessária para o preenchimento da cavidade com material plástico fundido;
- **Segunda pressão** – Esta pressão atua quando a peça já se encontra completa, tem como objetivo manter o material compactado até que este se torne sólido. Evita defeitos que possam ocorrer no arrefecimento da peça devido à contração;
- **Contrapressão** – Durante o processo de dosagem do material, esta pressão opõe-se ao retorno do fuso, garantindo que o volume a injetar seja uniforme, expulsando o ar do material fundido;
- **Pressão de fecho** – Pressão responsável por manter o molde fechado;
- **Velocidade de injeção** – Velocidade que o material fundido leva a preencher a(s) cavidade(s) do molde (normalmente dado em metros por segundo);
- **Velocidade de rotação do fuso** – Responsável pela homogeneização do material, quanto maior for a velocidade maior homogeneidade se obtém;
- **Temperatura do molde** – A temperatura no molde deve ser uniforme ao longo do mesmo. Temperaturas elevadas, provocam um tempo de arrefecimento mais lento e consequentemente um maior tempo de ciclo. Contrariamente, um molde com temperatura baixa, tem um tempo de arrefecimento mais rápido e um menor tempo de ciclo, mas a solidificação rápida pode provocar a falta de preenchimento de toda(s) a(s) cavidade(s);
- **Temperatura do bico de injeção** – Quanto maior for a mesma, mais fluidez terá o material ao entrar na cavidade;
- **Dosagem** – Quantidade de material necessária para injetar de uma peça completa;
- **Tempo de molde fechado** – Tempo que decorre desde o fecho até à abertura do molde.

Resulta da soma dos seguintes tempos:

- **Tempo de injeção** – Tempo necessário para o preenchimento da(s) cavidade(s) com plástico;
- **Tempo de 2ª/ 3ª/ 4ª Pressão** – Tempo em que o material é mantido sob pressão dentro da cavidade. Esta pressão é inferior à pressão de injeção de forma a adicionar material e contrariar a contração do plástico durante o arrefecimento;
- **Tempo de arrefecimento** – Tempo necessário para o arrefecimento e solidificação da peça, inicia após a injeção e termina com a abertura do molde;
- **Tempo de dosagem** – Depende da velocidade de rotação do fuso e representa o tempo que este demora a recuar e deformar a quantidade de material necessária para a próxima injeção.

- **Tempo de ejeção ou de extração** – Tempo necessário para extrair a peça da cavidade após esta ter arrefecido;
- **Tempo de ciclo total** – Resulta da soma de todos os tempos referidos anteriormente.

Parâmetros do processo

Os parâmetros do processo são definidos na fase de projeto do molde e, após a produção do mesmo, dificilmente são alterados uma vez que envolvem alterações estruturais. São exemplo destes parâmetros (Moita, 2007):

- **Diâmetro do bico de injeção** – Influencia a pressão com que a material sai pelo bico. Quanto menor for este diâmetro, maior será a probabilidade de ocorrência de perdas de pressão que podem causar a falta de compactação ou até mesmo falta de preenchimento da cavidade;
- **Comprimento de fluxo** – “Caminho” que o fluxo percorre até preencher toda a cavidade. Quanto maior for, maior é a probabilidade do material solidificar antes do preenchimento;
- **Canal de ataque** – Canal de passagem de material para o interior da(s) cavidade(s). Uma má seleção da localização e a geometria do canal pode levar ao preenchimento incompleto da cavidade, devido à solidificação de material que posteriormente impede a passagem;
- **Fuso** – Comprime e funde o material, por deformação plástica, com o auxílio das bandas de aquecimento. É constituído por 3 zonas distintas: a zona de alimentação recebe o material termoplástico, em grânulos, proveniente da tremonha; a zona de compressão, onde é fundido por deformação plástica; e, para a zona de medida, onde aguarda (já fundido) até ser injetado.

Propriedades dos materiais

As propriedades dos materiais dependem do tipo de material escolhido para a produção da peça em questão. Estas propriedades têm muita influência na fase de injeção da peça e podem ser enumeradas como (Moita, 2007):

- **Viscosidade** – Quanto maior for a viscosidade do material, maior será a pressão necessária para o material fluir;
- **Sensibilidade térmica** – Os materiais podem sofrer degradação quando sujeitos a elevadas temperaturas;
- **Propriedades térmicas** – É necessário ter em atenção o ponto de fusão do material, uma vez que quanto mais alto for o ponto de fusão, maior será a temperatura utilizada e consequentemente o tempo de arrefecimento e a probabilidade de ocorrência de defeitos de contração do material.

4.1.2.3. Defeitos mais comuns

Num processo de injeção, são diversos os defeitos que a peça, produto final do processo de injeção, pode apresentar. Esses defeitos podem ter origem em inúmeras causas (Figura 4.12).

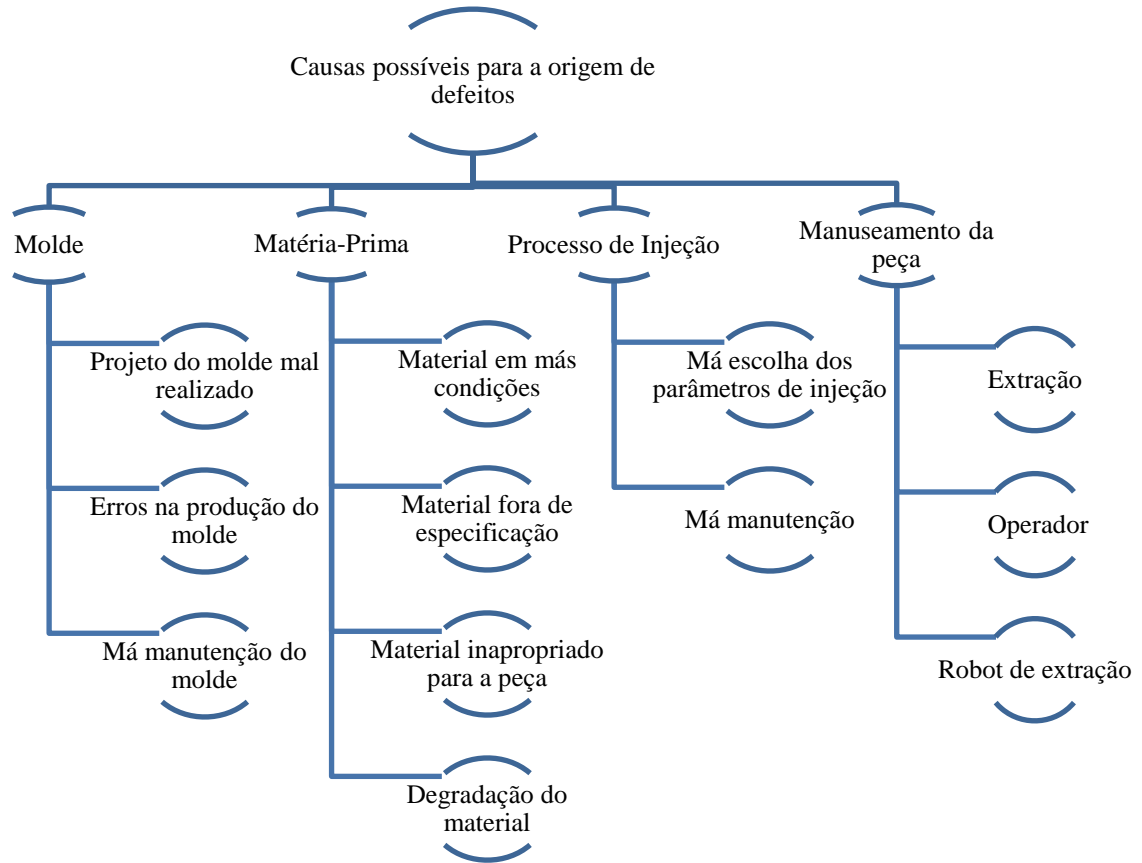


Figura 4.12 – Causas possíveis para a origem de defeitos

Para melhor compreender os tipos de defeitos que podem surgir, foi realizado um levantamento dos mesmos, através de pesquisa e conhecimento adquirido na linha de produção (Moita, 2007):

- **Degradação de material** – Aparecimento de pontos com cor (desde amarelo até preta) na superfície da peça provocados pela degradação térmica do material;
- **Má homogeneidade** – A peça não possui um aspeto uniforme, apresentando manchas;
- **Deformação na desmoldagem** – Ao extrair a peça, esta não reproduz de forma exata a cavidade. Podem ser qualificadas em marcas dos extratores, contração ou fraturas;
- **Queimados** – Pontos pretos que resultam de uma má ventilação do molde devido ao aprisionamento de gases dentro do molde;
- **Rebarba** – Excesso de material, sob a forma de uma película fina, que aparece ao longo da linha de partição, das saídas de escape de gases e dos ejetores;
- **Falta de injeção** – Não existe preenchimento total da cavidade. Estes “vazios” aparecem geralmente em zonas onde o fluxo de injeção tem maior dificuldade a chegar;

- **Deposição no molde** – Considerado como contaminação (branca, preta ou castanha), resultada da deposição de restos de material no molde, que posteriormente se “colam” na peça;
- **Linhas de fluxo** – Estas linhas são visíveis quando a injeção de material é efetuada de uma forma intermitente em vez de uma forma uniforme;
- **Vazios** – Zonas de ar aprisionada dentro da peça, associadas a peças com zonas muito espessas ou causadas pela contração não uniforme do material;
- **Moldação frágil** – A peça encontra-se frágil e pode estalar ou até mesmo partir durante a ejeção ou manuseamento;
- **Adesão** – Não existe ejeção da peça e esta fica colada ao molde;
- **Gito preso** – O gito permanece preso aos canis de injeção após a injeção da peça;
- **Variações de peso e de dimensões** – Variações irregulares das dimensões e do peso da peça ao longo de alguns ciclos de injeção.

4.2. *Implementação do Modelo Proposto*

O presente subcapítulo terá como objetivo a aplicação do modelo proposto, dividido em quatro fases distintas.

4.2.1. **Fase I – Caracterização do estado atual: *Value Stream Mapping***

Para identificação das oportunidades de melhoria, foi elaborado na **Fase I** do modelo proposto, um VSM do estado atual do processo de produção do *cluster* B299 *High* de forma a caracterizar os processos produtivos e as suas métricas, bem como os fluxos logísticos a eles associados. Os dados para a construção do VSM foram recolhidos de 15 a 31 de janeiro de 2014 para as áreas de Injeção e *PreAssembly* (Anexo IV) e fornecidos pela organização para as restantes áreas.

Na Tabela 4.2, encontram-se resumidos os valores obtidos durante o período de observação para o processo de injeção que permitiram o cálculo da disponibilidade (A), do *First Time Through* (FTT), da *performance* (P) e consequentemente o cálculo do OEE. Na última coluna encontra-se o processo de injeção geral, resultante de todos os outros processos de injeção. Como se considerou que o tempo de ciclo para o processo geral de injeção é de 27,3 segundos (tempo de ciclo do processo mais lento), obteve-se um valor de *performance* de 106,9%. Este valor é justificado pelo facto de existirem processos com um tempo de ciclo inferior a 27,3 segundos, como por exemplo o *Inner Benzol* com 19 segundos de tempo de ciclo, levando a uma produção superior ao expectável e a uma *performance* superior a 100%.

Tabela 4.2 – Caracterização do processo de injeção para o *cluster B299 High*

	Processo de Injeção					
	<i>Inner Benzel</i>	<i>Mask High</i>	<i>Mounting Plate</i>	<i>Lens High</i>	<i>Back Cover</i>	Injeção Geral
Número total de unidades produzidos ao longo do período de 17 dias	26450	36518	36832	44603	29863	174266
Número de unidades para <i>scrap</i>	639	4125	3437	19435	142	27778
Produção média por dia (unidades)	1556	2148	2167	2624	1757	10251
Tempo de ciclo por unidade (segundos)	19,00	27,3	20,6	26,1	22,4	27,3
Tempo em produção (segundos)	29562	58536	44523	68348	39261	240230
Tempo em perdas (segundos)	2500	3870	3470	9050	2720	21610
Tempo de produção total diário (segundos)	32062	62406	47993	77398	41981	261840
Tempo em produção (horas)	8,9	17,3	13,3	21,5	11,7	72,7
Disponibilidade (%)	92,2	93,8	92,8	88,3	93,5	91,7
FTT (%)	97,6	88,7	90,7	56,4	99,5	84,1
Performance (%)	92,2	93,8	92,8	88,3	93,5	106,9
Scrap (%)	2,42	11,30	9,33	43,57	0,48	15,94
OEE (%)	83,0	78,0	78,0	44,0	87,0	82,4

Para compreender os dados acima apresentados, e pegando no exemplo processo de injeção de *Lens High*, serão demonstrados os cálculos para a FTT, disponibilidade, *performance* e OEE tendo em conta as equações (1), (2), (3) e (4) apresentadas no Capítulo 2.

Através da equação (1) é efetuado o cálculo do FTT para o qual se obtém um valor de 56,4% (Equação 15).

$$\text{First Time Through (FTT)} = \frac{44603 - 19435}{44603} \times 100 = 56,4 \% \quad (15)$$

O cálculo da disponibilidade é efetuado através da equação (2), para o exemplo da *Lens High* obtém-se uma disponibilidade de 88,3% (Equação 16).

$$\text{Disponibilidade (A)} = \frac{77398 - 9050}{77398} \times 100 = 88,3 \% \quad (16)$$

O cálculo da *performance* é dado pela equação (3), para o qual se obteve 88,3 % (Equação 17).

$$\text{Performance (P)} = \frac{2624}{\left(\frac{77398}{26,1}\right)} \times 100 = 88,3 \% \quad (17)$$

Por fim, ao obter estes valores, o cálculo do OEE através da equação (4), torna-se simples. Para a *Lens High* o valor do OEE é de 44 % (Equação 18).

$$\text{Overall Equipment Effectiveness (OEE)} = 88,3 \times 56,4 \times 88,3 = 44,0 \% \quad (18)$$

Relativamente ao processo de *PreAssembly*, os cálculos para a obter essas métricas são exatamente os mesmos para os outros processos, encontrando-se resumidos na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Caraterização do processo de *PreAssembly* para o cluster B299 High

Processo de <i>PreAssembly</i>	
Número total de unidades produzidos ao longo do período de 17 dias (peças)	28528
Número de unidades para <i>scrap</i>	1653
Produção média por dia (unidades)	1678
Tempo de ciclo por unidade (segundos)	32,00
Tempo em produção (segundos)	53700
Tempo em perdas (segundos)	2700
Tempo de produção total diário (segundos)	56400
Tempo em produção (horas)	15,7
Disponibilidade (%)	95,2%
FTT (%)	94,2%
Performance (%)	95,2%
Scrap (%)	5,79%
OEE (%)	85,4%

De forma a caraterizar os fluxos logísticos de produção, é necessário analisar a dimensão dos lotes de transporte de cada um dos processos produtivos, bem como os tempos de transporte associados a estes. Para esta análise é necessário ter em conta que a procura diária de cada um dos componentes é de 2160 unidades, um carrinho de transporte para as caixas azuis tem capacidade para transportar 12 caixas e um carrinho de lentes tem capacidade para transportar 20 caixas de lentes (para o caso da *Lens High*).

Na Tabela 4.4 encontram-se os dados relativos à capacidade das caixas azuis (consoante o componente que transportam), o tamanho do lote de transporte associado a esse componente e o número de movimentos diários que são realizados para o mesmo. Por exemplo, para a *Mask High* a caixa azul tem capacidade para transportar 12 unidades e o carrinho de transporte 12 caixas, levando a um lote de transporte de 144 unidades. Como a procura é de 2160 unidades, é necessário efetuar 15 movimentos do lote de transporte com essa capacidade para conseguir responder à procura. Este componente é o que possui maior número de movimentos associado.

Tabela 4.4 – Dados relativos aos lotes de transporte para cluster B299 High para Injeção e *PreAssembly*

	<i>Inner Benzel</i>	<i>Mask High</i>	<i>Mounting Plate</i>	<i>Lens High</i>	<i>Back Cover</i>	<i>Mask Assy (PreAssembly)</i>
Procura diária (unidades)	2160	2160	2160	2160	2160	2160
Capacidade da caixa azul (unidades)	24	12	46	12	78	12
Tamanho lote de transporte (unidades)	288	144	552	240	936	144
Número movimentos por dia	8	15	4	9	2	15

Por outro lado, a nível de tempo de transporte a Tabela 4.5 resume o tempo associado às diversas combinações deslocações entre áreas e processos. É também de salientar que o tempo que demorar uma caixa azul a ser carregada/descarregada é de 7 segundos, perfazendo um tempo total de 1 minuto e 24 segundos para um carrinho que transporte 12 caixas azuis.

Tabela 4.5 – Tempos de transporte entre processos

Processos de transporte	Tempo de transporte (segundos)
Injeção <---> Armazém Parede	18
Injeção <---> PreAssembly	35
Injeção <---> Armazém PreAssembly	82
Retorno de caixas vazias (Injeção)	82
Armazém Parede <--> PreAssembly	35
PreAssembly <---> Armazém PreAssembly	33
C/T para AGV	780
PreAssembly <---> AGV	33

Na Figura 4.13 (apresentado em formato A3 no Anexo V), encontra-se o VSM simplificado com todos os processos de produção para este *cluster*.

No VSM é possível identificar seis processos distintos: Injeção (Cor-de-laranja), *PreAssembly* (Verde), *Line 12 PWB* (Vermelho), *Final Assembly* (Azul), *Screening e Packing* (Cinzento). Em cada um dos processos foi identificado o tempo de ciclo, o tempo de *change over* (C/O), os indicadores OEE e FTT, o número de operadores e de turnos que o processo utiliza, o custo de trabalho, a percentagem de *scrap* do mesmo e o custo do material. Os tempos de transporte estão identificados a azul, entre os diversos processos. Estão identificados cinco armazéns: Armazém da matéria-prima, Armazém do *Incoming*, Armazém da Parede, Armazém do *PreAssembly* e Armazém de Produção.

As setas contínuas pretas representam o fluxo de materiais, as cinzentas representam fluxo de informação e as setas a tracejado representam o retorno das caixas vazias.

Os materiais circulam em lotes dentro de caixas através de carrinhos, entre os diversos processos. Por exemplo, entre a Injeção e o Armazém do *PreAssembly* existe um tempo médio de transporte de 01:22 minutos e um lote de *Mask High* transporta 144 unidades sendo necessário efetuar este percurso 18 vezes por dia. Por outro lado, cada caixa azul demora em média 7 segundos a ser carregada (*load*) ou a ser descarregada (*unload*) para o carrinho, tendo este capacidade para 12 caixas.

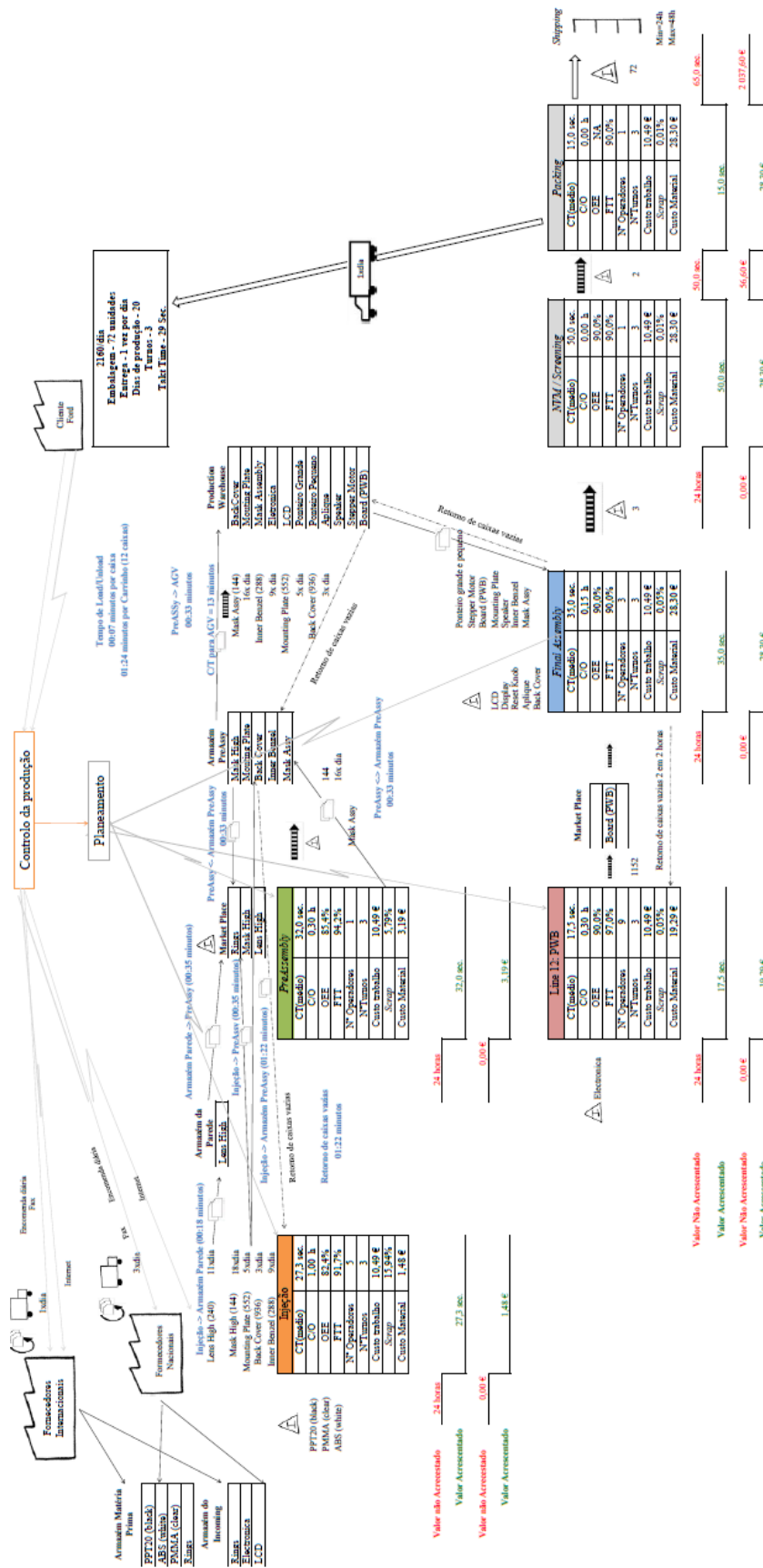


Figura 4.13 – Value Stream Mapping do processo de produção do cluster B299 High

4.2.2. Fase II - Identificação de oportunidades de melhoria

Após a análise dos dados do VSM (estado atual) é possível identificar as seguintes oportunidades de melhoria (OM) no processo produção do *cluster* B299 *High*, na Área dos Plásticos:

- OM1.** Redução do tempo de transporte e do manuseamento dos materiais entre processos;
- OM2.** Agilização do processo de armazenagem, recolha e abastecimento;
- OM3.** Redução da percentagem de *scrap* na Injeção de forma a melhorar a *performance* do processo e a reduzir custos.

Inicialmente o processo de melhoria contínua terá incidência no fluxo logístico de produção, através da redução do tempo de transporte e da melhoria do manuseamento dos materiais entre processos (**OM1**), visto estas atividades têm associado em elevado desperdício (em tempo) e são consideradas atividades de valor não acrescentado.

Para colmatar a OM1, é necessário que o sistema de armazenagem, recolha e abastecimento seja igualmente ágil. Por esse motivo, é importante melhorar esse sistema (**OM2**).

Por fim, e após o fluxo logístico e o sistema de armazenagem estarem mais ágeis, é necessário melhorar o processo de produção de forma a reduzir a percentagem de *scrap* (**OM3**) melhorando a *performance* e reduzindo custos.

Desta forma pretende-se melhorar o sistema logístico e produtivo, de forma a atingir uma melhoria contínua global do processo. Cada uma das oportunidades de melhoria está associada a um nível de melhoria diferente (Figura 4.14). A OM1 está associada à melhoria do fluxo logístico, a OM2 está associada à melhoria do sistema de armazenagem e por fim, a OM3 está associada à melhoria do processo produtivo.

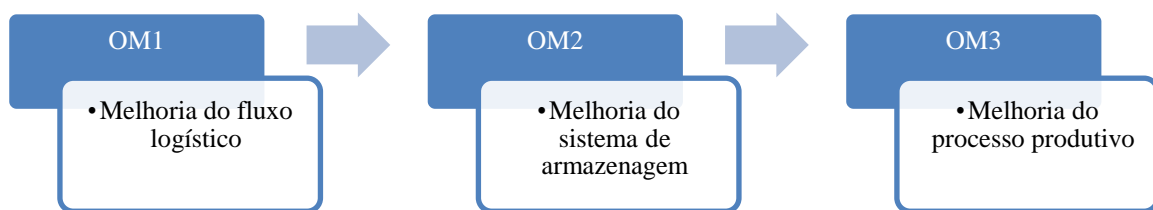


Figura 4.14 – Níveis associados a cada uma das oportunidades de melhoria

Na Figura 4.15 (apresentado em formato A3 no Anexo VI), encontram-se identificados os possíveis eventos *kaizen* propostos, e as respetivas OM para a Área do Plásticos.

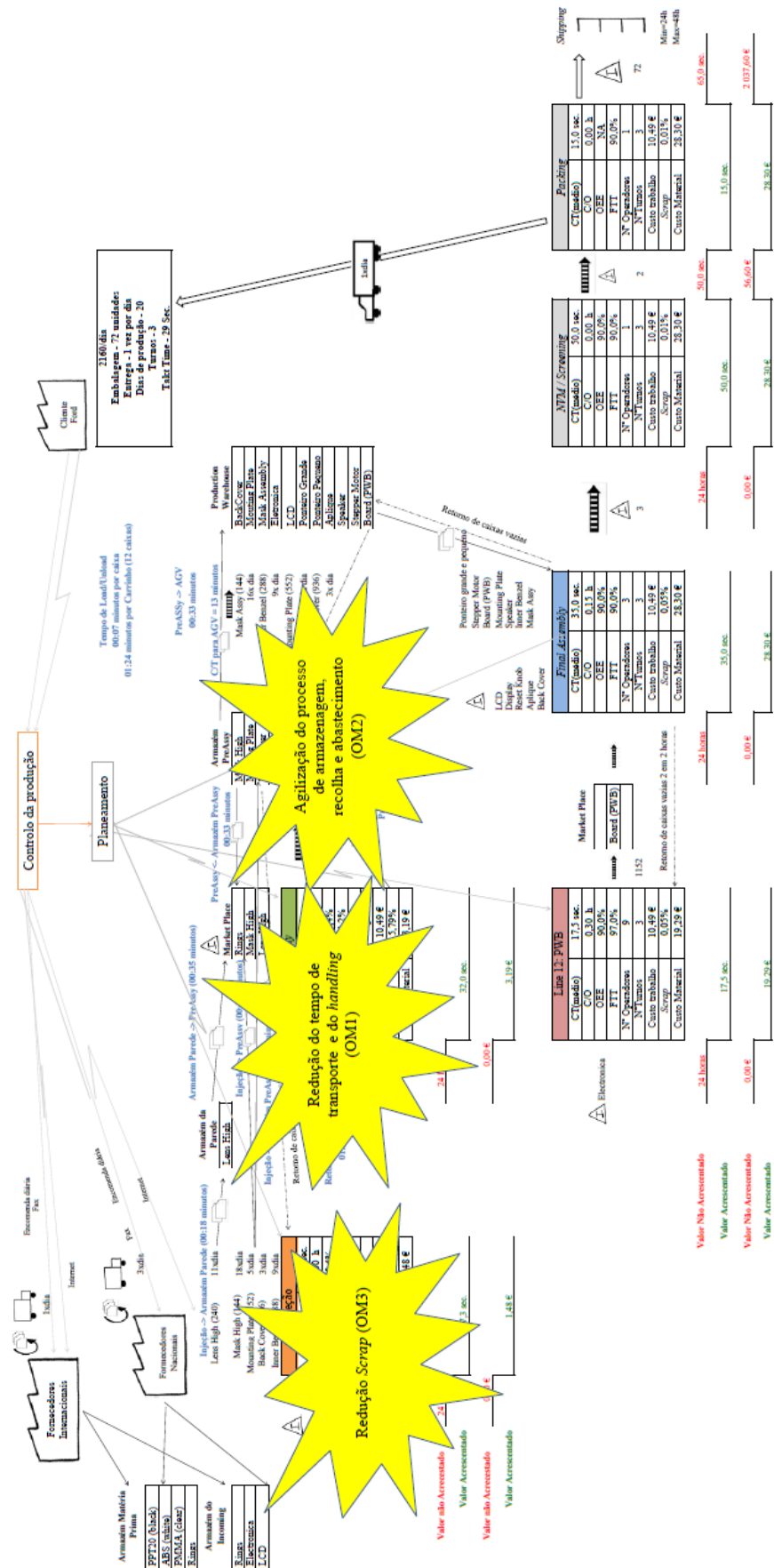


Figura 4.15 – Value Stream Mapping do processo de produção do *cluster* B299 High com eventos *kaizen*

Verificou-se a existência de atividades de valor não acrescentado, nomeadamente transporte e manuseamento das caixas azuis entre os processos de Injeção, *PreAssembly* e armazéns correspondentes, resultando na necessidade de melhoria do fluxo logístico existente (**OM1**).

Este processo de transporte e manuseamento é representado na Figura 4.16, tendo por base que um carrinho tem capacidade para 12 caixas, e que carregar/descarregar cada caixa demora cerca de 7 segundos. As caixas são transportadas do processo de Injeção para o Armazém do *PreAssembly* onde são descarregadas, demorando cerca de 2:45 minutos. Depois são novamente carregadas para carrinhos e levadas para o *PreAssembly*, onde são descarregadas (demorando cerca de 3:12 minutos). Ao serem consumidos os produtos transportados, as caixas vazias retornam ao Armazém do *PreAssembly* (0:32 minutos). Por fim, as caixas vazias são carregadas para os carrinhos e novamente distribuídas pelas linhas de produção da Injeção (2:45 minutos).

É possível verificar que com a disposição atual da configuração da instalação e o método de transporte utilizado, este processo tem um tempo de ciclo de cerca de 10 minutos, sendo cerca de 4 minutos gastos em transporte e os restantes 6 minutos na atividade de carregar e descarregar caixas.

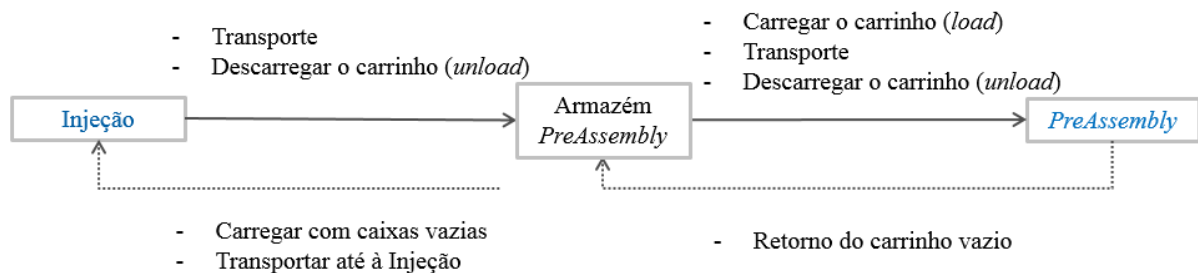


Figura 4.16 – Processo de transporte e manuseamento entre a Injeção, o Armazém *PreAssembly* e o *PreAssembly* com o sistema atual

No caso dos componentes da injeção do *cluster* B299 *High*, este processo é efetuado 48 vezes por dia, perfazendo um total de 480 minutos despendidos, ou seja, 8 horas.

Nesta OM, a aplicação do *Systematic Layout Planning* (SLP), seria benéfica de forma a avaliar a configuração atual da instalação e redesenha-la na tentativa de reduzir a distância percorrida entre áreas e o tempo de transporte ao longo de um dia de produção poderá trazer reduções significativas. Adicionalmente a análise do sistema de transporte, revelou que este tem pouca capacidade. Deste modo, é necessário a análise de um novo sistema de transporte para as caixas azuis, com mais capacidade e rapidez.

Após a melhoria do fluxo logístico de produção e no sentido de melhorar o sistema de armazenagem, foi identificada a **OM2**: Agilização do processo de armazenagem, recolha e abastecimento na Área dos Plásticos. Verificou-se a inexistência de uma metodologia para o

armazenamento, recolha e abastecimento. Os materiais não possuem uma localização estática, uma vez que o Armazém do *PreAssembly* não está equipado com *racks* e estes podiam estar armazenados nas linhas de produção na área produtiva da Injeção ou estar em cima de paletes no armazém do *PreAssembly*. Por outro lado, a recolha dos pedidos é efetuada a partir de pedidos verbais, por produto, não existindo registos nem rotas definidas. Deste modo, é proposta a implementação *racks* no Armazém do *PreAssembly* uma vez que as caixas azuis ocupam um elevado volume e não podem estar armazenadas na área produtiva. Nestas *racks* deverão ser armazenadas apenas referências de produtos que sejam utilizados nas linhas de produção do *PreAssembly* armazenadas em caixas azuis, num total de 19 referências numa fase inicial. As outras referências, cerca de 16 entre lentes e *rings*, deverão ser armazenadas em carrinhos no Armazém da Parede, devido ao tipo de caixas onde são acondicionadas. Para definir a configuração das localizações de produto será necessário realizar uma análise ABC com base no critério do número de movimentos diários de cada um. Além disso, existe a necessidade de controlar informaticamente os *stocks* e agilizar o processo de recolha das referências do armazém e abastecimento das linhas de produção do *PreAssembly* (surgindo a necessidade de um sistema de *order picking*).

Após aplicar as melhorias a nível logístico é necessário efetuar também melhorias a nível do processo de produção. A oportunidade de melhoria 3 (**OM3**), resultou da análise detalhadamente os diversos processos de injeção (Tabela 4.6), para a qual se identificou o processo de Injeção das *Lens High* como sendo o mais crítico. Este processo é caracterizado por um OEE de 44%, um FTT de 56,4% e uma percentagem de *scrap* de 43,57%. Por esse motivo, o modelo DMAIC deverá ser aplicado de forma a reduzir o número de peças não conformes detetadas.

Tabela 4.6 – Caracterizações dos processos de injeção para o cluster B299 High

	<i>Inner Benzel</i>	<i>Mask High</i>	<i>Mounting Plate</i>	<i>Lens High</i>	<i>Back Cover</i>	Área de Injeção
CT médio (segundos)	19,0	27,3	20,6	26,1	22,4	27,3
C/O (horas)	1	1	1	1	1	1
OEE	83,0%	78,0%	78,0%	44,0%	87,0%	82,4%
FTT	97,6%	88,7%	90,7%	56,4%	99,5%	84,1%
Nº de Operadores	1	1	1	1	1	5
Nº de Turnos	3	3	3	3	3	3
Custo trabalho (€)	10,01	10,01	10,01	10,01	10,01	10,01
<i>Scrap</i>	2,42%	11,26%	9,33%	43,57%	0,48%	15,94%
Custo Material (€)	0,61	0,10	0,39	0,17	0,21	1,48
Tamanho lote de transporte (unidades)	288	144	552	240	936	
Número Movimentos por dia	8	15	4	9	2	38

Será com base nas oportunidades de melhoria identificadas que a presente dissertação irá desenvolver o estudo prático.

4.2.3. Fase III – Proposta de melhorias

Na fase III do modelo proposto, como referido anteriormente, serão propostas melhorias a nível do fluxo logístico de produção, sistema de armazenagem e processo produtivo. Em cada uma destas propostas serão utilizadas metodologias e ferramentas que ajudam a alcançar os objetivos das mesmas.

4.2.3.1. Melhoria do fluxo logístico de produção

A OM1 tem como objetivo a melhoria do fluxo logístico de produção, através da redução do tempo de transporte e do manuseamento dos materiais.

4.2.3.1.1. Implementação do *Systematic Layout Planning* (SLP)

De forma rearranjar a configuração da instalação existente na Área dos Plásticos e sugerir melhorias da mesma, será aplicado o *Systematic Layout Plannig* (SLP) com base no fluxo de materiais existente entre as diversas zonas (departamentos) da configuração.

Para a aplicação do SLP serão consideradas 15 zonas diferentes na configuração atual e estas serão transformadas em blocos para facilitar a análise e rearranjo das mesmas (Figura 4.17).

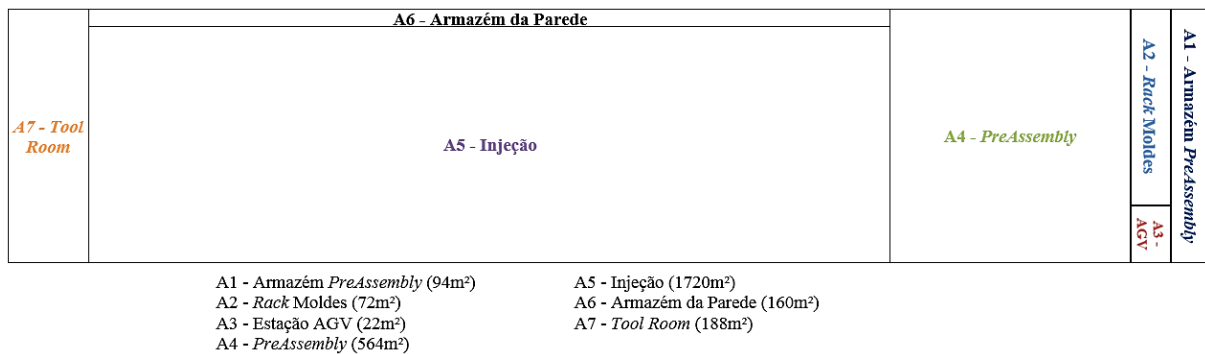


Figura 4.17 – Configuração atual da Área dos Plásticos para aplicação do SLP

A aplicação do SLP nesta instalação produtiva terá como objetivo a redução das distâncias percorridas diariamente, bem como o tempo despendido nessa atividade.

Fase Análise

Após identificar as zonas, é necessário quantificar os fluxos existentes entre as mesmas, considerando o número de movimentos diários. Para tal, é construída uma Carta De-Para (Tabela 4.7)

Tabela 4.7 – Carta De-Para

Nº	Zona	1	2	3	4	5	6	7
1	Armazém PreAssembly	-	0	0	29	0	0	0
2	Rack Moldes	0	-	0	0	3	0	6
3	Estação AGV	0	0	-	0	85	0	0
4	PreAssembly	0	0	54	-	0	28	2
5	Injeção	35	3	31	10	-	47	3
6	Armazém Parede	0	0	2	28	47	-	0
7	Tool Room	0	3	0	2	3	0	-

Através da Carta De-Para é criada a Carta de Fluxo (Tabela 4.8). Esta carta resulta da soma dos fluxos nos dois sentidos, ou seja, por exemplo a soma do fluxo de 1 para 2 com o fluxo de 2 para 1. Através dela é possível concluir que o fluxo com maior número de movimentos (116 movimentos) é o fluxo entre o AGV (zona número 3) e a Injeção (zona número 5).

Tabela 4.8 – Carta de Fluxo

Nº	Zona	1	2	3	4	5	6	7
1	Armazém PreAssembly		0	0	29	35	0	0
2	Rack Moldes			0	0	6	0	9
3	Estação AGV				54	116	2	0
4	PreAssembly					10	56	4
5	Injeção						94	6
6	Armazém Parede							0
7	Tool Room							

Com na Carta de Fluxo anterior, é possível verificar graficamente (Figura 4.18) que as zonas com maior fluxo entre si são as 3 e 5 (Estação do AGV e Injeção).

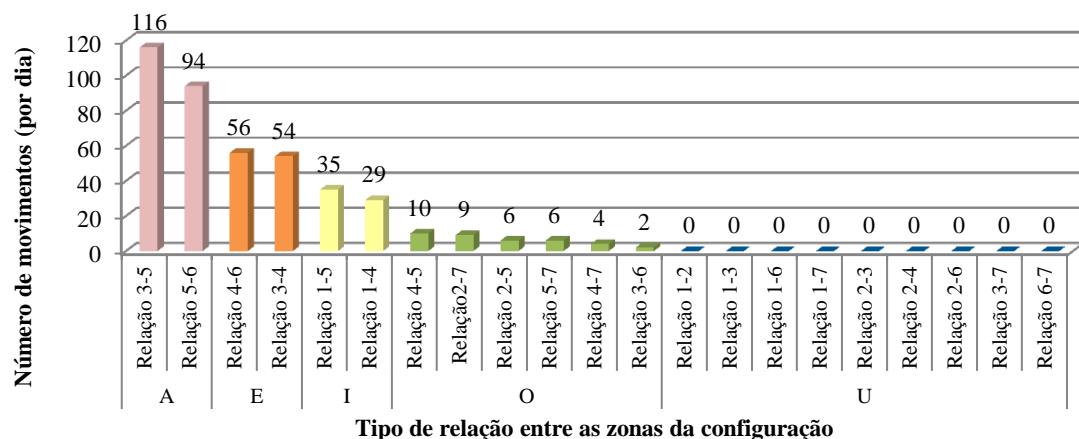


Figura 4.18 – Diagrama do fluxo diário entre zonas da configuração e o tipo de relação associado

Seguindo o critério supramencionado, é construído o Diagrama de Relações (Tabela 4.9) mostrando qual a importância do fluxo existente entre zonas e o seu índice de relação (ponderação). Na configuração da instalação atual Figura 4.17, apenas as relações assinaladas a cor de laranja na tabela seguinte são respeitadas.

Tabela 4.9 – Diagrama de relações

Nº	Zona	1	2	3	4	5	6	7
1	Armazém PreAssembly		U (0)	U (0)	I (2)	I (2)	U (0)	U (0)
2	Rack Moldes			U (0)	U (0)	O (1)	U (0)	O (1)
3	Estação AGV				E (5)	A (10)	O (1)	U (0)
4	PreAssembly					O (1)	E (5)	O (1)
5	Injeção						A (10)	O (1)
6	Armazém Parede							U (0)
7	Tool Room							

Deste diagrama de relações (Tabela 4.9) resulta a representação gráfica da Figura 4.19.

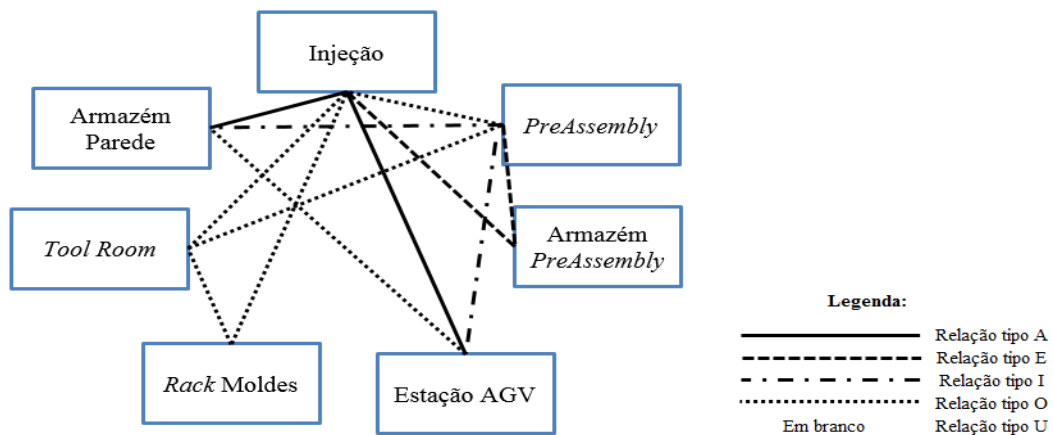


Figura 4.19 – Representação gráfica do Diagrama de Relações

Os seguintes cálculos são efetuados através das equações (7), (8), (9), (10), (11) e (12) referenciadas no Capítulo 2. O cálculo da adjacência é efetuado através da equação (7), relacionando o valor total de todas as relações de adjacência respeitadas e a soma das relações positivas existentes no diagrama de relação. Deste modo, para a configuração atual da instalação a adjacência é dada pela equação (19) e toma o valor de 0,55.

$$Adjacência\ configuração\ atual = \frac{0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 5 + 0 + 1 + 5 + 10 + 5 + 0}{2 + 2 + 1 + 1 + 5 + 10 + 1 + 1 + 5 + 1 + 10 + 1} = \frac{22}{40} = 0,55 \quad (19)$$

Para a configuração da instalação atual, encontram-se representados na Tabela 4.10 os valores das distâncias em x e em y , bem como o comprimento, largura e área de cada uma das zonas.

Tabela 4.10 – Dados relativos à configuração atual

Nº	Zona	x (m)	y (m)	Comprimento (m)	Largura (m)	Área (m²)
1	Armazém <i>PreAssembly</i>	118	11,75	4	23,5	1386,5
2	Rack Moldes	114	14,5	4	18	1653,0
3	Estação AGV	114	2,75	4	5,5	313,5
4	<i>PreAssembly</i>	100	11,75	24	23,5	1175,0
5	Injeção	48	10,75	80	21,5	516,0
6	Armazém Parede	48	22,5	80	2	1080,0
7	<i>Tool Room</i>	4	11,75	8	23,5	47,0

As distâncias entre zonas (Tabela 4.11) são obtidas através da Equação (9), por exemplo para a distância entre a zona 1 e 2 temos (Equação 20):

$$\text{Distância entre 1 e 2} = |118 - 114| + |11,75 - 14,5| = 6,75 \quad (20)$$

Tabela 4.11 – Distância em metros entre zonas na configuração atual

Nº	Zona	1	2	3	4	5	6	7
1	Armazém <i>PreAssembly</i>		6,75	13	18	71	80,75	114
2	Rack Moldes			11,75	16,75	69,75	74	112,75
3	Estação AGV				23	74	85,75	119
4	<i>PreAssembly</i>					53	62,75	96
5	Injeção						11,75	45
6	Armazém Parede							54,75
7	<i>Tool Room</i>							

A medida relação-distância (RDS), Tabela 4.12, assumindo a distância retilínea, é dada pela Equação (8) e resulta do somatório da multiplicação das distâncias entre zonas na configuração atual (Tabela 4.11) e da ponderação atribuída a cada relação entre zonas (Tabela 4.9). No caso da configuração atual esse valor é de 1927 metros.

Tabela 4.12 – Relação-Distância (RDS)

Nº	Zona	1	2	3	4	5	6	7
1	Armazém <i>PreAssembly</i>		0	0	36	142	0	0
2	Rack Moldes			0	0	69,75	0	112,75
3	Estação AGV				115	740	85,75	0
4	<i>PreAssembly</i>					53	313,75	96
5	Injeção						117,5	45
6	Armazém Parede							0
7	<i>Tool Room</i>							

Por fim, o cálculo do *R-Score* resulta da Equação (10), e consiste na multiplicação entre as distâncias e as ponderações pela mesma ordem (crescente ou decrescente) para o *upper bound* (Equação 11) e por ordem inversa, Equação 12, para o *lower bound* (Tabela 4.13).

Tabela 4.13 – Cálculo do UB e LB

Distâncias entre zonas (d_i)	Tipo de relação (s_i)	$d_i \times s_i$	Distâncias entre zonas (d_i)	Tipo de relação (s_i)	$d_i \times s_i$
119	10	1190	119	0	0
114	10	1140	114	0	0
112,75	5	563,75	112,75	0	0
96	5	480	96	0	0
85,75	2	171,5	85,75	0	0
80,75	2	161,5	80,75	0	0
74	1	74	74	0	0
74	1	74	74	0	0
71	1	71	71	0	0
69,75	1	69,75	69,75	1	69,75
62,75	1	62,75	62,75	1	62,75
54,75	1	54,75	54,75	1	54,75
53	0	0	53	1	53
45	0	0	45	1	45
23	0	0	23	1	23
18	0	0	18	2	36
16,75	0	0	16,75	2	33,5
13	0	0	13	5	65
11,75	0	0	11,75	5	58,75
11,75	0	0	11,75	10	117,5
6,75	0	0	6,75	10	67,5
<i>Upper bound</i>		4113	<i>Lower bound</i>		686,5

O valor do *upper bound* (UB) é de 3499 e o *lower bound* (LB) é de 456, pelo que o *R-score* é dado pela Equação (10) e aplicada na equação seguinte:

$$R - Score = 1 - \frac{1927 - 686,5}{4113 - 686,5} = 0,64 \quad (21)$$

Fase Pesquisa

Em termos de restrições de rearranjo da configuração existirá uma única restrição: o espaço físico limitado a uma área de 2820 m² (120 metros de comprimentos e 23,5 metros de largura).

Fase Seleção

Para obter soluções de configuração alternativa para a configuração atual da instalação utilizou-se o *software* BlocPlan. Para tal, é necessário introduzir no *software* as diversas zonas da configuração e das respetivas áreas associadas (Figura 4.20), e a relação entre o comprimento (c) e a largura (l) da área total da instalação (neste caso será considerado uma relação c/l de 5:1, podendo esta escala fazer pequenas alterações nas dimensões).

The screenshot shows the BLOCPLAN software window. It contains a table with three columns: Number, Department, and Area. The table lists departments 1 through 18. Departments 1-7 have data entered, while 8-18 are empty. Below the table, there are input fields for Average Area (402.9), Std. Dev. Area (562.6), and Total Area (2820). At the bottom are buttons for Continue, Print, and Back.

Number	Department	Area
1	Armazém PreAsse	94
2	Rack Moldes	72
3	Estação AGV	22
4	PreAssembly	564
5	Injeção	1720
6	Armazém Parede	160
7	Tool Room	188
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		

Average Area: 402.9
Std. Dev. Area: 562.6
Total Area: 2820

Buttons: Continue, Print, Back

Figura 4.20 – Introdução das áreas de cada zona para análise no *software* BlocPlan

Além das áreas de cada zona é necessário introduzir o tipo de relação existente entre as diversas zonas, diagrama de relações (Figura 4.21), e posteriormente selecionar a ponderação a atribuir a cada.

The screenshot shows the RELFORM software window. It displays a relationship chart with departments 1-7 on the vertical axis and 2-7 on the horizontal axis. The cells contain relationship codes: U, I, E, A, O. Below the chart is a legend for the codes: A = Absolutely Essential, E = Essential, I = Important, O = Ordinary, U = Unimportant, X = Undesirable. At the bottom are buttons for Continue and Print.

	2	3	4	5	6	7
1 Armazém PreAs	U	U	I	I	U	U
2 Rack Moldes		U	U	O	U	O
3 Estação AGV			E	A	O	U
4 PreAssembly				O	E	O
5 Injeção					A	O
6 Armazém Pared						U
7 Tool Room						

Enter or change code: A = Absolutely Essential, E = Essential, I = Important, O = Ordinary, U = Unimportant, X = Undesirable

Buttons: Continue, Print

Figura 4.21 – Introdução dos dados do tipo de relação entre zonas da configuração no *software* BlocPlan

Após a introdução dos dados supramencionados no *software* BlocPlan, foram diversas as possíveis configurações obtidas. Dessas configurações, foram selecionados as 3 melhores com base no

critério de seleção *R-score*. Este *software* utiliza o mesmo método de cálculo que foi utilizado na fase Análise para a configuração atual. No Anexo VII, encontram-se os dados obtidos para as 3 configurações alternativas.

Nas Figuras 4.22, 4.23 e 4.24, encontram-se as representações gráficas das configurações obtidas.

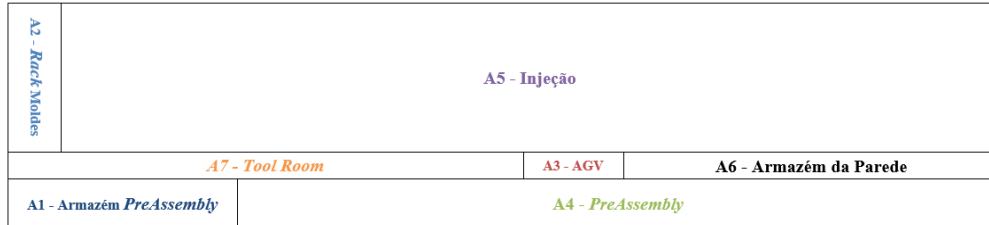


Figura 4.22 – Configuração alternativa 1 da Área dos Plásticos

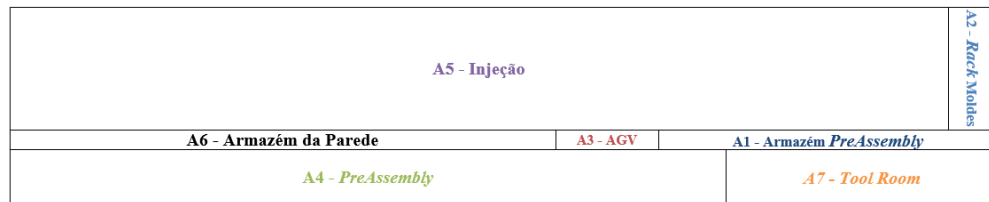


Figura 4.23 – Configuração alternativa 2 da Área dos Plásticos

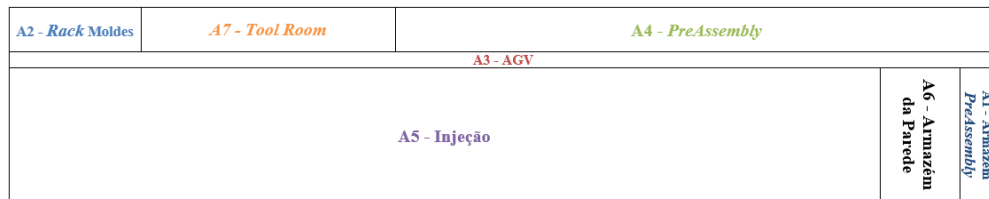


Figura 4.24 – Configuração alternativa 3 da Área dos Plásticos

Na Tabela 4.14, é efetuada a comparação entre as 4 configurações analisados (atual, 1, 2 e 3) em termos de nível de adjacência, distancia percorrida e cumprimento das restrições da fase de pesquisa.

Tabela 4.14 – Comparação entre a configuração atual e as alternativas geradas pelo BlocPlan

Configuração	Nível de Adjacência	Distância percorrida (metros)	R-Score
Atual	0,55	1927	0,64
1	0,93	1185	0,81
2	0,93	1291	0,78
3	0,95	1543	0,79

Desta forma é possível concluir que a melhor configuração da instalação é a alternativa 1, uma vez que possui um *R-Score* de 0,81 contra o 0,64 da configuração atual. Por outro lado, nesta alternativa a distância percorrida é de 1185 metros, menos 38,5% (742 metros) da distância diária percorrida do que na configuração existente.

Após a proposta desta melhoria a nível do fluxo logístico de produção, surge a necessidade de melhorar o sistema de transporte existente para os produtos das caixas azuis. Este sistema deverá aumentar a capacidade dos lotes de transporte, bem como reduzir o tempo de ciclo das deslocações. Desta forma, surge a proposta de implementação de um sistema inovador de paletes, as *pallys*. Além das funcionalidades de uma paleta normal, este tipo de paletes é constituído por um sistema de rodas que permite que a paleta seja ao mesmo tempo um carrinho de transporte. Seguidamente será analisado este tipo de proposta.

4.2.3.1.2. *Pally's Project*

A “*Pally*” (Figura 4.25) além do acondicionar as caixas azuis de forma segura, permitem o transporte das mesmas uma vez que possui um sistema de rodas. Este tipo de paleta serviria de substituição aos carrinhos de transporte e evitaria as tarefas de carregar e descarregar as caixas azuis.



Figura 4.25 – Sistema de paletes *pally*

Vantagens:

- Redução do manuseamento dos produtos, através da redução dos movimentos de carregar e descarregar das caixas azuis para os carrinhos de transporte;
- Ao cintar as caixas estas tornam-se numa única unidade, melhorando o nível de segurança;
- O pedal permite que a paleta se transforme numa paleta com rodas;
- Dimensões reduzidas (800x600 mm);
- Permite a ligação de várias *pallys* formando um “comboio” através de acessórios (Figura 4.26), o que permite maior rapidez de fluxo e diversificação nas referências a transportar.



Figura 4.26 – Comboio de paletes *pally*

Desvantagens:

- Este sistema de paletes, tem um elevado investimento inicial associado.

Comparação do sistema existente com a nova proposta

De forma a fundamentar a escolha deste sistema serão apresentados os dados de comparação entre o sistema que atualmente existe e o sistema *pally* proposto, em termos de: número de caixas transportadas, movimentos efetuados por dia, tempo despendido por cada movimento e tempo total despendido por dia neste processo.

O processo de transporte e manuseamento entre a Injeção, o Armazém do *PreAssembly* e o *PreAssembly* para o sistema de *pallys* é descrito na Figura 4.27. É de salientar, que em comparação com o processo do sistema atual, o sistema proposto não despende tempo em carregar e descarregar caixas.

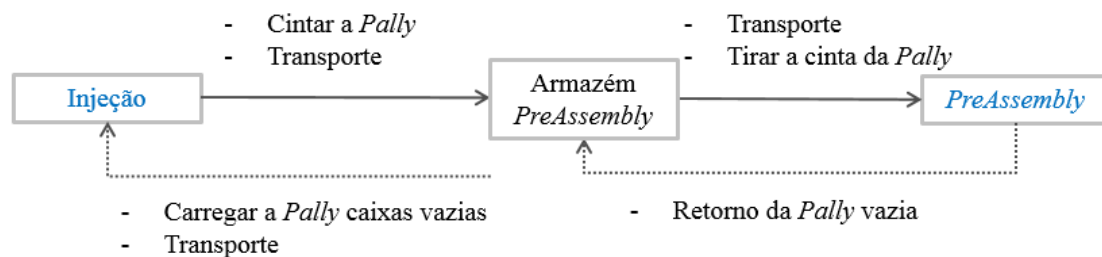


Figura 4.27 – Processo de transporte e manuseamento com o sistema *pally*

Na Tabela 4.15, encontra-se detalhado o tempo gasto em cada operação para o transporte e acondicionamento de uma *pally*, desde a Injeção, passando pelo Armazém do *PreAssembly* e produção no *PreAssembly*, até ao retorno das caixas vazias para a Injeção, obtendo-se um tempo de ciclo total de 5 minutos e 36 segundos para cada *pally*. Neste estudo considera-se que os produtos da Injeção são unicamente transportados para o Armazém do *PreAssembly*.

Tabela 4.15 – Tempo de ciclo para uma *pally*

Tarefa	Tempo (minutos)
Cintar / Descintar a <i>pally</i>	00:50
Transporte para o Armazém <i>PreAssembly</i> (desde a Injeção)	01:22
Transporte para o <i>PreAssembly</i>	00:33
Retorno da <i>pally</i> para o Armazém do <i>PreAssembly</i>	00:33
Carregar a <i>pally</i> com caixas vazias	00:56
Transporte para a Injeção	01:22
Tempo ciclo total	05:36

Quando comparado o tempo de ciclo deste sistema de transporte (cerca de 6 minutos) com o tempo de ciclo do sistema atual (cerca de 10 minutos), Figura 4.28, é visível uma redução de cerca de 42%. Este valor deve-se à eliminação das atividades de carregar e descarregar as caixas azuis para o sistema de transporte (redução significativa do manuseamento).

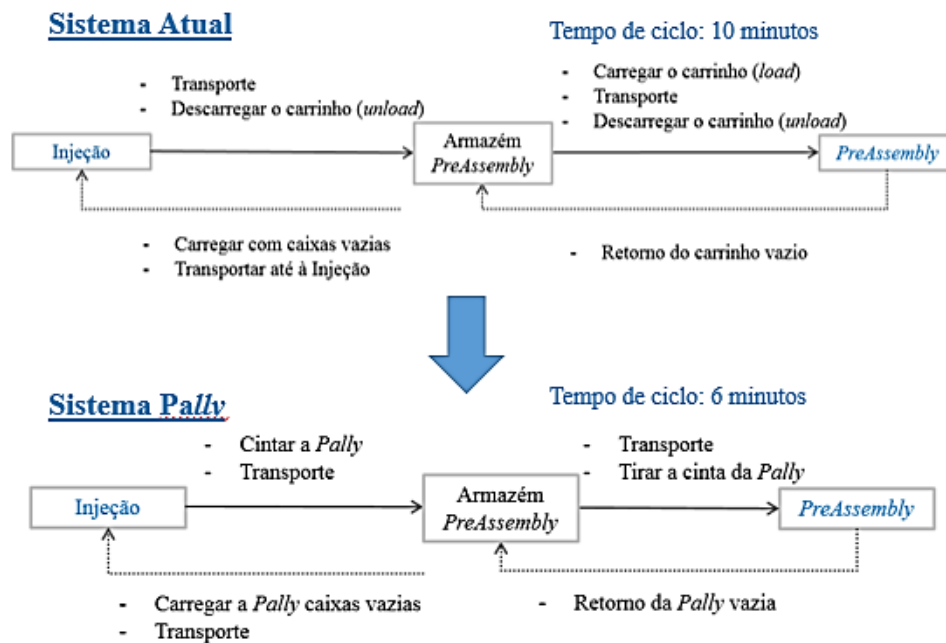


Figura 4.28 – Comparação entre o tempo de ciclo do sistema atual e o sistema *pally*

Pela Tabela 4.16, é possível verificar que quando se compara um carrinho com uma *pally*, o sistema *pally* é melhor 42% em termos de tempo por movimento e 14% melhor no tempo total despendido por dia, no entanto transporta menos 33% de caixas o que aumenta o número de movimentos em 50%. Quando se compara um carrinho com um sistema de comboio com quatro *pallys*, este tem 60% mais capacidade para caixas reduzindo em 38% o número de movimentos necessários por dia e, em termos de tempo gasto, permite reduzir o tempo em 19% por movimento e em 49% no tempo gasto ao longo do dia.

Tabela 4.16 – Comparação entre as diferentes opções do sistema atual e do sistema *pally*

	Número de Caixas	Movimentos (por dia)	Tempo (por movimento)	Total Tempo (por dia)
Carrinho	12	48	00:09:42	07:45:36
	16	36	00:11:34	06:56:24
	20	29	00:13:26	06:26:53
1 Pally	8	72	00:05:36	06:42:43
2 Pally Pull	16	36	00:07:22	04:24:58
3 Pally Pull	24	24	00:09:08	03:39:02
4 Pally Pull	32	18	00:10:54	03:16:05
Carrinho vs 1 Pally	33%	50%	42%	14%
Carrinho vs 4 Pally Pull	60%	38%	19%	49%

No que diz respeito ao investimento (Tabela 4.17), no sistema atual foram investidos cerca de 16.796 euros e no sistema de *pallys* o investimento seria de 22.890 euros.

Tabela 4.17 – Comparação entre investimentos para o sistema atual e o sistema *pally*

Investimento no sistema atual			
	Quantidade	Custo unitário (€)	Custo total (€)
Paletes	22	6	132
Carrinhos de transporte	40	300	12 000
Suportes para <i>stock</i>	31		4 663
Total			16 796€

Investimento no sistema <i>Pally</i>			
	Quantidade	Custo Unitário (€)	Custo Total (€)
<i>Pallys (para a rack)</i>	168	105	17 640
<i>Pallys (em trânsito)</i>	20	105	2 100
<i>Lids</i>	56	55	3 080
Acessórios	1	70	70
Total			22 890€

Em relação ao tempo total de manuseamento por dia (Figura 4.29), é possível afirmar que com a utilização de um comboio com 4 *pallys* existiria uma redução de cerca de 49%, passando das 6 horas e 26 minutos por dia para 3 horas e 16 minutos.

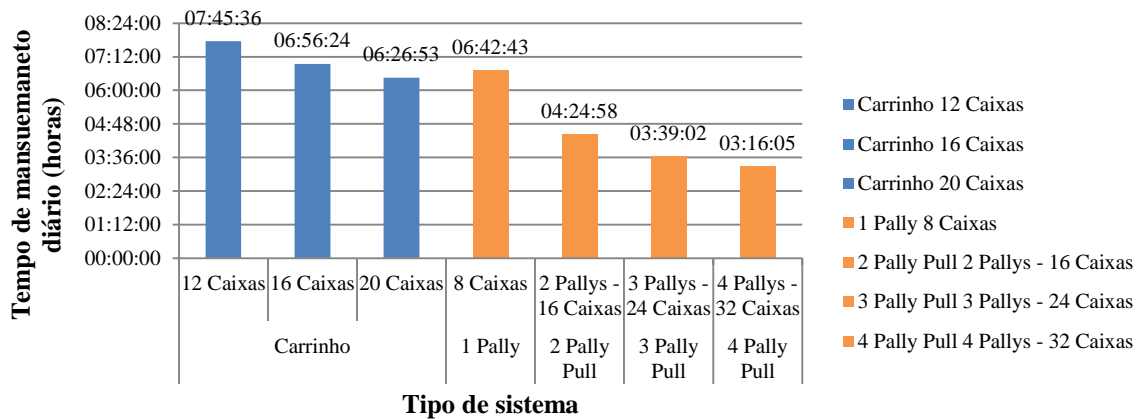


Figura 4.29 – Tempo de manuseamento diário do sistema de transporte

No que diz respeito ao número de movimentos por dia (Figura 4.30), é possível afirmar que com a utilização de um comboio com 4 *pallys* existiria uma redução de cerca de 39%, passando dos 29 movimentos para 18 movimentos por dia.

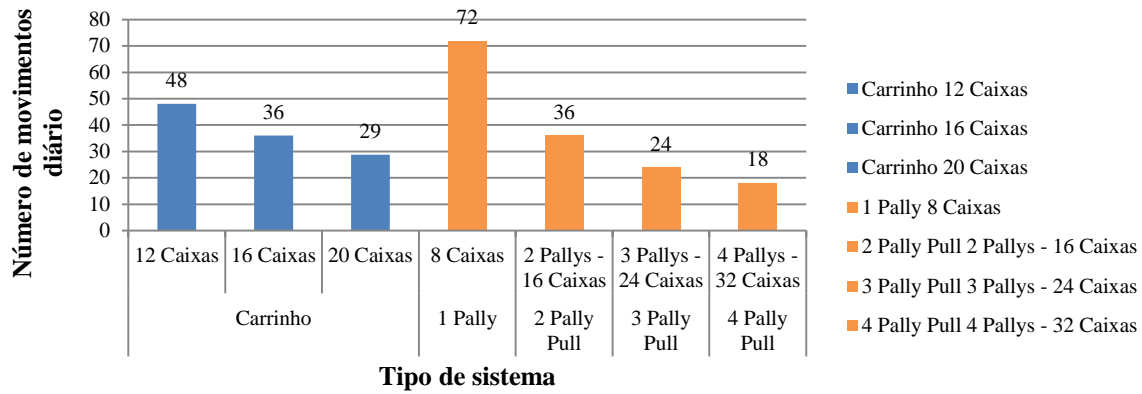


Figura 4.30 – Número de movimentos diário do sistema de transporte

Aplicação do Sistema “Pally” no fluxo logístico do cluster B299 High

Para o caso específico da *Mask High* do cluster B299 High, (produto mais crítico em termos de fluxo uma vez que esta tem uma procura de cerca de 2160 unidades/dia, e cada caixa apenas transporte 12 unidades), a aplicação deste sistema de paletes do tipo “Pally” traria vantagens em termos de:

- Capacidade: aumento do número de caixas transportadas por movimento;
- Redução do número de movimentos;
- Redução do tempo de ciclo de transporte.

Analisou-se qual seria o impacto que ocorreria no fluxo do produto caso fosse aplicado este sistema, em termos de capacidade do lote de transporte, tempo total de manuseamento e número de movimentos.

Em termos de capacidade dos carrinhos em relação às *pallys* (Figura 4.31), verifica-se que com a capacidade máxima de 20 caixas num carrinho obtém-se um lote de transporte de 240 unidades em comparação com um lote de transporte de 384 unidades num sistema de *pull* (comboio) de quatro *pallys* (32 caixas). Esta alteração é equivalente a um aumento da capacidade em cerca de 60%.

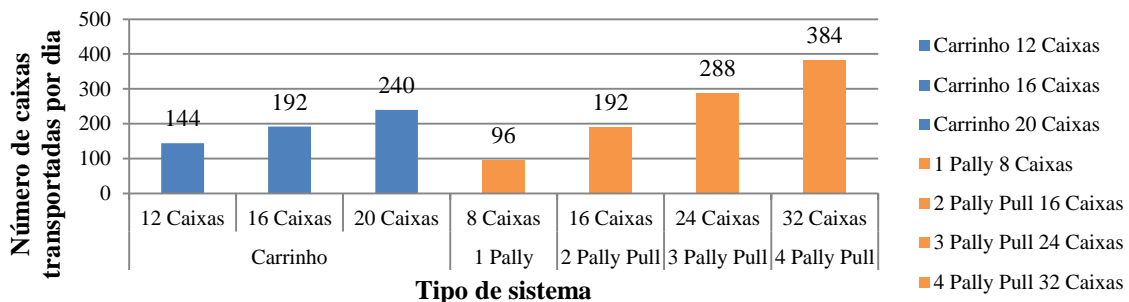


Figura 4.31 – *Mask* do B299 - Capacidade de transporte no sistema transporte

O mesmo tipo de análise foi efetuado para o tempo total despendido por dia (Figura 4.32) em cada um dos sistemas. Para um carrinho de 20 caixas são utilizadas cerca de 2 horas, e para o sistema *pull* de quatro *pallys* são utilizados cerca de 44 minutos. É possível concluir que se obteria uma redução de cerca de 63% no tempo total de manuseamento por dia.

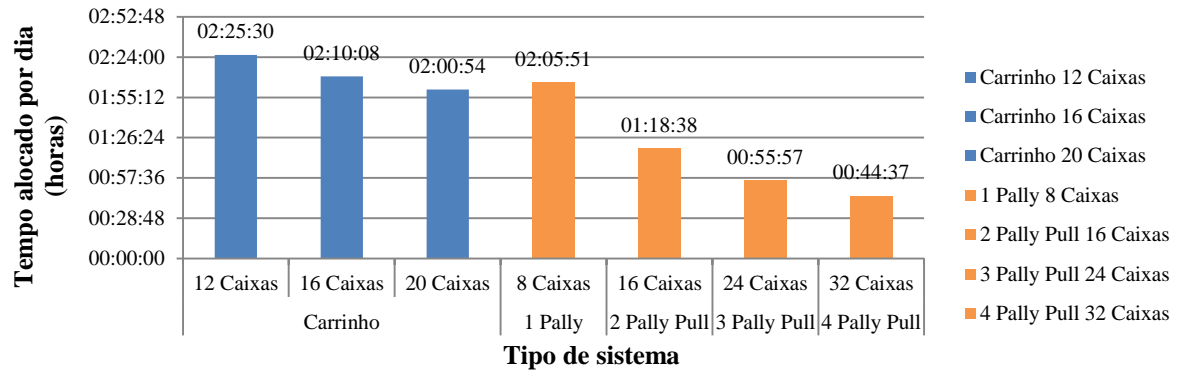


Figura 4.32 – Mask do B299 -Tempo total de manuseamento diário no sistema de transporte

Com o aumento da capacidade através do sistema *pull* com quatro *pallys*, existiria uma redução no número de movimentos necessários (Figura 4.33) de 9 movimentos/dia (carrinho com 20 caixas) para cerca de 6 movimentos/dia (sistema *pull* com quatro *pallys*), redução de cerca de 33%.

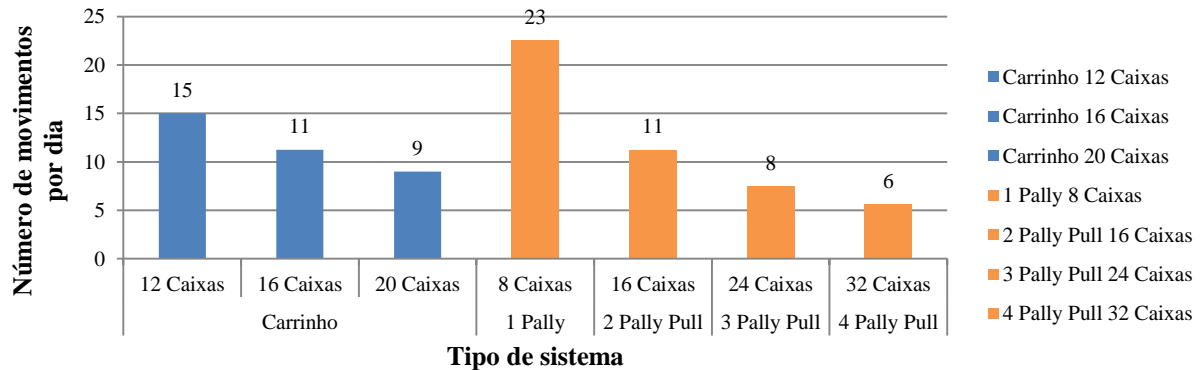


Figura 4.33 – Mask do B299 - Número de movimentos por diário no sistema de transporte

É possível verificar que em comparação com o carrinho, o sistema de quatro *pallys*, se torna muito mais vantajoso em termos de capacidade, número de movimentos e tempo associado ao processo de transporte e de manuseamento. Este sistema de *pallys* tem apenas como fator negativo o investimento inicial.

Fluxo PreAssembly – Armazém Produção

Após o processamento nas linhas de produção no *PreAssembly*, os produtos finais desta área são enviados através do AGV para o Armazém de Produção, bem como os produtos da Injeção que não são consumidos no *PreAssembly*. Esta viagem demora cerca de 13 minutos (ida do carrinho, descarregar e retorno do mesmo vazio ou com caixas vazias), provocando um constrangimento devido ao elevado número de viagens diárias que o AGV tem que efetuar diariamente.

Como a capacidade dos carrinhos é de apenas 12 caixas (4 colunas com 3 níveis de empilhamento), não é possível efetuar todas as viagens necessárias diariamente, visto que seriam necessárias cerca de 24,5 horas para as 113 viagens, acumulando *stock* perto da zona do AGV no Armazém do *PreAssembly*. Para colmatar esta limitação, surge a necessidade de aumentar a capacidade dos carrinhos, através da adição de um nível de empilhamento, ou seja, 4 colunas por 4 níveis de empilhamento, obtendo uma capacidade de 16 caixas por viagem e despendendo cerca de 18 horas e 40 minutos.

A longo prazo, os carrinhos de transporte deverão ser alterados de forma a terem capacidade de transporte de 20 caixas, obtendo-se cerca de 69 viagens para um tempo total de 15 horas.

Na Tabela 4.18, encontra-se a comparação entre as diferentes capacidades do carrinho, o número de viagens que cada capacidade impõe e o tempo despendido neste ciclo de transporte. Ao aumentar a capacidade dos carrinhos, atingim-se uma redução de cerca de 39% no número de viagens, passando de 113 viagens (carrinho com capacidade para 12 caixas) para 69 (carrinho com capacidade para 20 caixas), e uma respetiva redução do tempo despendido de 24 horas e 29 minutos para 14 horas e 57 minutos.

Tabela 4.18 – Comparação entre as capacidades dos carrinhos para o AGV, o número de viagens e o tempo despendido

Capacidade do Carrinho (caixas)	Número de viagens (ida-descarregar/carregar-retorno)	Tempo despendido (horas)
12	113	24:29:00
16	86	18:38:00
20	69	14:57:00

4.2.3.2. Melhoria do sistema de armazenagem

Para facilitar a gestão de *stocks* e o armazenamento das referências existentes, é necessário implementar melhorias no sistema de armazenagem para a Área dos Plásticos.

Para os produtos que têm como cliente a área de *PreAssembly*, inicialmente o *stock* era armazenado na área de produção e junto da parede na área de Injeção (Figura 4.34 a) e b))e no armazém do *PreAssembly*, não existindo nenhuma *rack* ou localização associada.



Figura 4.34 – Stock armazenado na área de produção junto à parede (Área de Injeção): a) Caixas azuis; b) Carrinhos com lentes

Desta forma, surgiu então a necessidade da criação de zonas de armazenagem para os mesmos, com o âmbito de melhor a gestão e controlo dos *stocks*, e de retirar *stock* da área de produção. Para a facilitar a compreensão do sistema de armazenagem e do fluxo, adotou-se uma simplificação na apresentação da configuração da área dos plásticos (Figura 4.35). O sistema de armazenagem inicial é caracterizado por três abastecedores (operadores responsáveis pela recolha, armazenagem e abastecimentos dos materiais), sem zonas alocadas a cada um e sem uma rota de recolha/abastecimento predefinida. A contagem dos níveis de *stock* dos produtos consumidos e armazenados é efetuada por um operador, não existindo controlo nem informatização dos mesmos.

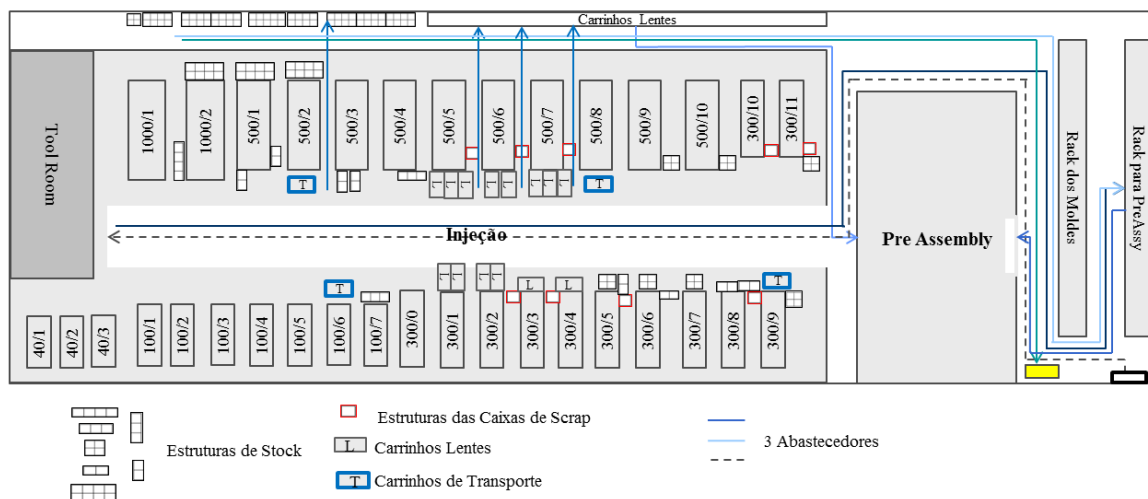


Figura 4.35 – Sistema de armazenagem em fevereiro de 2014

Como tal, propõe-se um novo sistema de armazenagem, Figura 4.36. A Área dos Plásticos seria dividida em duas zonas (azul e verde), e cada uma dessas zonas teria um único abastecedor atribuído. Existiria uma doca entre o *PreAssembly* e o Armazém do *PreAssembly*.

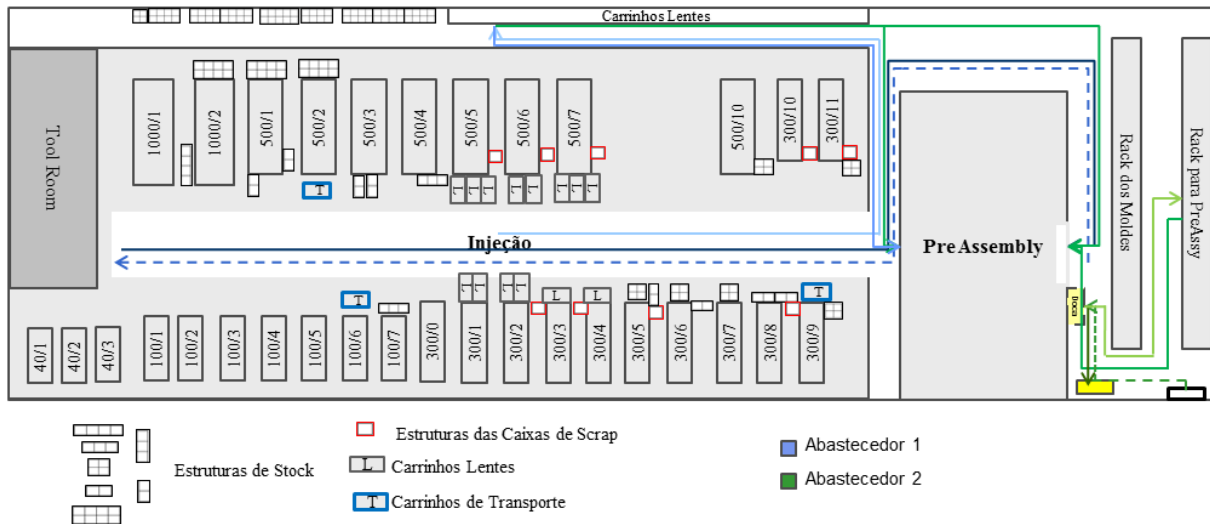


Figura 4.36 – Sistema de armazenagem proposto

Para a área de Injeção, o Abastecedor 1 (rota a azul) teria as seguintes responsabilidades:

- Recolha do produto acabado na área de Injeção, fazer as etiquetas para o mesmo e transporta-lo para a doca;
- Recolha dos carrinhos de lentes da área de Injeção para o Armazém da Parede, e fazer etiquetas para os mesmos;
- Recolher os carrinhos de lentes do Armazém da Parede para abastecer as linhas do *PreAssembly* ou para a doca;
- Recolha das caixas vazias da doca para distribuir pela área da Injeção.

Para a área do *PreAssembly*, o Abastecedor 2 (rota a verde) teria como responsabilidades:

- Receção e deslocação até ao AGV de referências que têm como destino o Armazém da Produção;
- Para referências que têm como destino o *PreAssembly*:
 - Receção, transporte até à rack e armazenamento;
 - Transporte das referências da rack para o abastecimento das linhas de produção no mesmo.
- Receção de caixas vazias através do AGV, transporte das mesmas para a doca;
- Receção dos carrinhos de lentes vazios e transporte até à doca.

A implementação deste novo sistema de armazenagem permitiria a redução do número de abastecedores de 3 para 2, devido à divisão da Área dos Plásticos em duas zonas distintas. Para além disso, a atribuição de tarefas específicas a cada abastecedor permitiria o aumento do nível de organização e uma melhor gestão de tempo por parte do abastecedor.

Além do sistema de abastecimento, existe necessidade de melhorar os armazéns associados (Parede e *PreAssembly*) ambos com fluxo do tipo *U-flow*. Para tal, propõe-se a divisão entre produtos provenientes da Injeção armazenados: lentes e *rings* para o Armazém da Parede e outros produtos para o Armazém do *PreAssembly* tendo ambos como objetivo o abastecimento do *PreAssembly*.

De forma a compreender o comportamento das diferentes referências de produtos, é importante realizar uma análise de Pareto e classificação ABC para as mesmas, com base no critério do número de movimentos que cada uma tem diariamente. Esta análise servirá de base para a definição da disposição das referências aquando da implementação das *racks*.

4.2.3.2.1. Análise de Pareto

Para a análise de Pareto e classificação ABC serão consideradas dois cenários diferentes:

- **Cenário 1 - Implementação da 1ª rack (fevereiro de 2014):** Análise efetuada com base nos dados recolhidos relativos à produção da *Schedule* de 27 de janeiro e 14 de fevereiro de 2014.
- **Cenário 2 - Implementação da 2ª rack (maio de 2014):** Análise efetuada através dos dados fornecidos pela empresa (*stocks* máximos e mínimos).

Em ambos os cenários, será efetuada uma análise distinta entre os produtos com destino o Armazém da Parede e o Armazém do *PreAssembly*.

Através da classificação ABC é possível identificar 3 classes distintas:

- **A (vermelho)** - Referências com o maior número de movimentações;
- **B (verde)** - Referências com um número de movimentações intermédio;
- **C (azul)** - Referências com um reduzido número de movimentações.

De salientar, que este tipo de classificação e cores, será utilizados para todos os diagramas de Pareto realizados.

Cenário 1- Implementação da 1ª rack

Como referido anteriormente, a primeira *rack* foi introduzida em fevereiro de 2014, sendo que foi nesta fase que se implementou a divisão de referências entre os dois armazéns. Os dados utilizados para a realização dos digramas de Pareto para o Cenário 1 encontram-se no Anexo VIII.

Armazém da Parede

No Armazém da Parede estão alocadas 16 referências, as quais foram analisadas em termos do tamanho do lote de produção e da sua frequência de movimentações. Desse estudo resulta o diagrama de Pareto do Armazém da Parede, baseado na análise do número de movimentos diários (Figura 4.37).

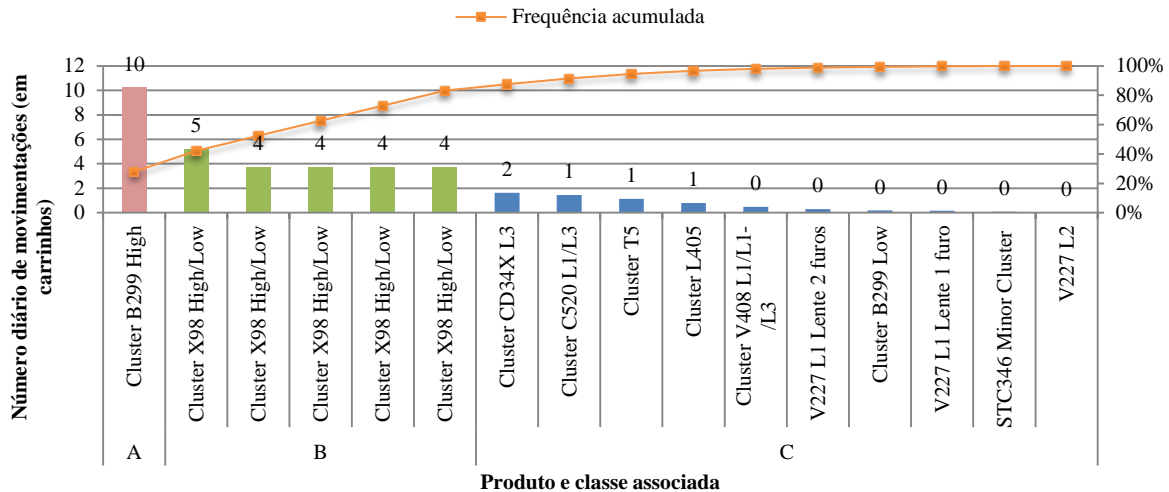


Figura 4.37 – Cenário 1: Diagrama de Pareto para o número diário de movimentações – Armazém da Parede

Na Figura 4.37, a classe A (maior número de movimentações) é constituída por 1 única referência (*Lens B299 High*), a classe B é constituída por 5 referências e a classe C é constituída por 10 referências, perfazendo o total de 16 referências armazenadas.

Armazém do PreAssembly

Por outro lado, no Armazém do *PreAssembly* existem 19 referências, todas armazenadas em caixas azuis. Na Figura 4.38, encontra-se o diagrama de Pareto onde apenas existe distinção entre 2 classes: a classe A é constituída por 2 referências (*Mask B299 High* e *X98 Inner Mask*), a classe B é constituída por 17 referências, perfazendo o total de 19 referências armazenadas.

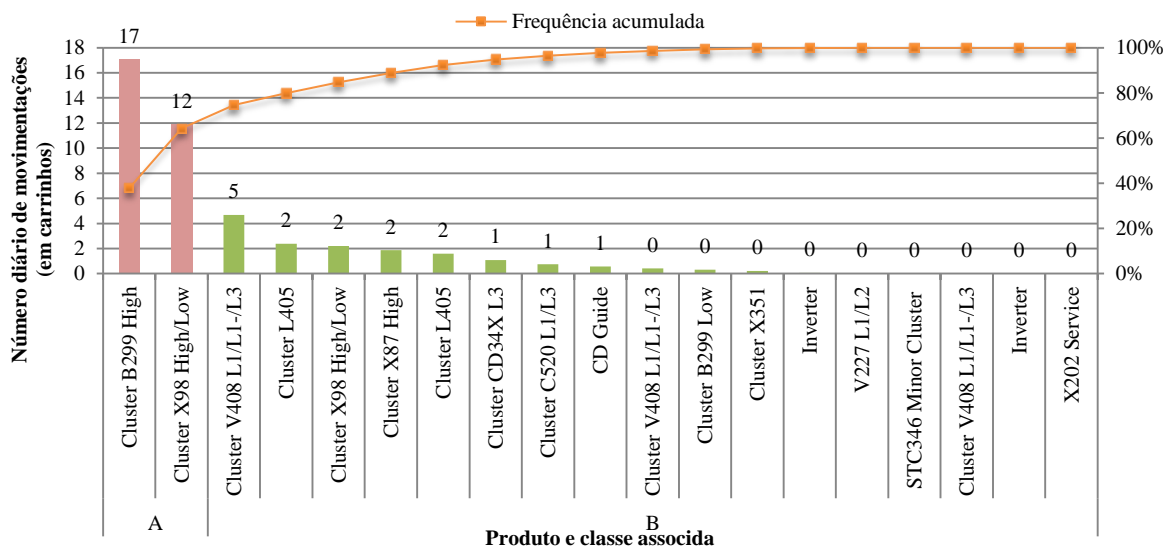


Figura 4.38 – Cenário 1: Diagrama de Pareto para o número diário de movimentações – Armazém do PreAssembly

Cenário 2 : Introdução da 2ª rack

Em maio de 2014 foi introduzida uma nova *rack*, de forma a duplicar a capacidade de armazenamento. Ao mesmo tempo foram introduzidos novos moldes, como por exemplo o molde 135 (*Mask B460 L2*) que posteriormente irá substituir o molde 93 (*Mask B299 High*).

Devido à alteração dos níveis de *stock*, da capacidade de armazenamento e da introdução de novos moldes, realizou-se novamente os diagramas de Pareto e posteriormente a classificação ABC dos mesmos para o armazém da Parede e do *PreAssembly*. Os dados para a realização dos diagramas de Pareto para o Cenário 2 encontram-se no Anexo IX. Como referido anteriormente, os *stocks* máximos e mínimos utilizados para esta análise foram fornecidos pela organização.

Armazém da Parede

Na Figura 4.39, encontra-se a comparação entre o número de carrinhos necessário para atingir o *stock* máximo pretendido pela organização e o número máximo de carrinhos que o Armazém da Parede consegue armazenar.

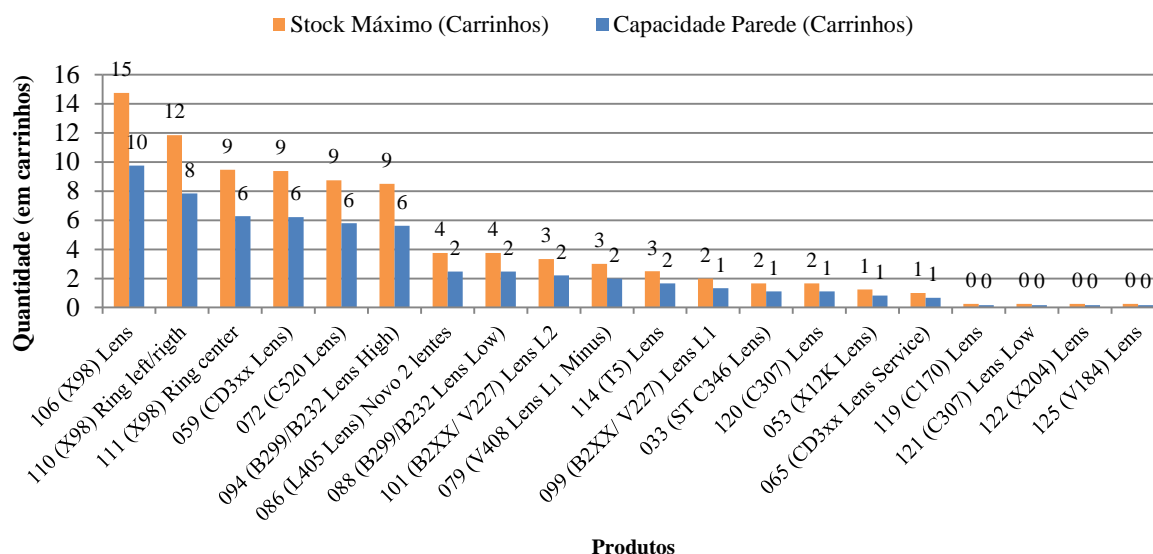


Figura 4.39 – Comparação entre o número de carrinhos (lentes ou *rings*) necessário para atingir o *stock* máximo e o número de carrinhos que o Armazém da Parede tem capacidade para armazenar

Por comparação o Armazém da Parede tem capacidade para cerca de 53% do *stock* máximo desejado, ou seja, existe uma redução de 47% na capacidade. Seria necessário espaço para armazenar 124 carrinhos de lentes/*rings* e apenas existe espaço para armazenar 58.

Após esta análise, procedeu-se à realização do diagrama de Pareto para o número movimentações diárias de cada referência do Armazém da Parede (Figura 4.40).

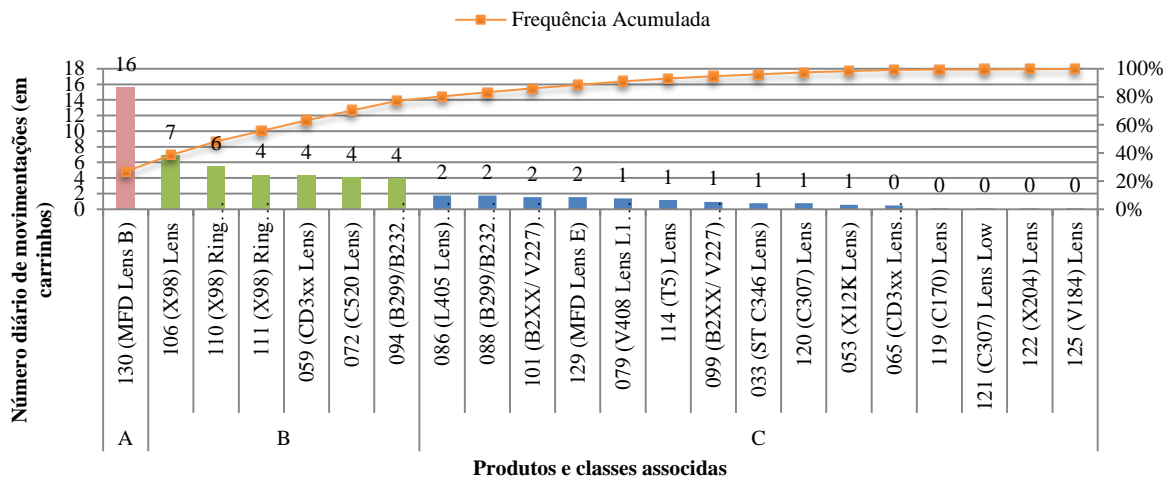


Figura 4.40 – Cenário 2: Diagrama de Pareto para o número diário de movimentações – Armazém da Parede

Na Figura 4.40, existe distinção entre 3 classes: a classe A é constituída por 1 única referências (MFD Lens B) representando a referência com maior número de movimentos, a classe B é constituída por 6 referências e a classe C é constituída por 15 referências, perfazendo o total de 22 referências armazenadas.

Armazém do PreAssembly

Na Figura 4.41, encontra-se a comparação entre o número de caixas necessário para atingir o *stock* máximo pretendido e o número máximo de caixas pretendido pela organização que as *racks* conseguem armazenar.

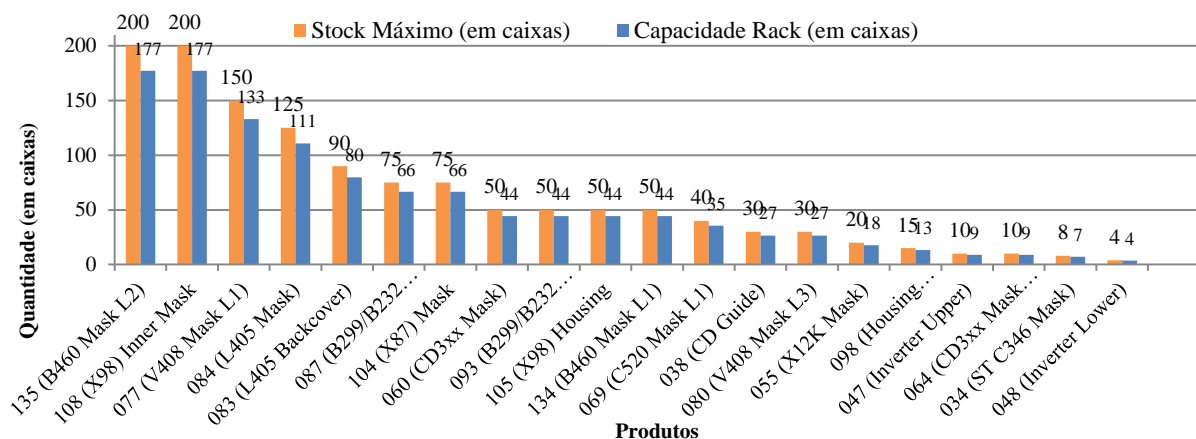


Figura 4.41 – Comparação entre o número de caixas (*stock* máximo) pretendido pela organização e o número de caixas que as *racks* conseguem armazenar

Por comparação as duas *racks* apenas conseguem armazenar cerca de 89% do *stock* máximo desejado, ou seja, existe uma redução de 11% na capacidade. Para atingir o *stock* máximo seria necessário capacidade para 1282 caixas azuis, e as duas *racks* apenas têm capacidade para 1136.

Após esta análise, procedeu-se à realização do diagrama de Pareto para o número movimentações diárias de cada referência do Armazém do *PreAssembly* (Figura 4.42).

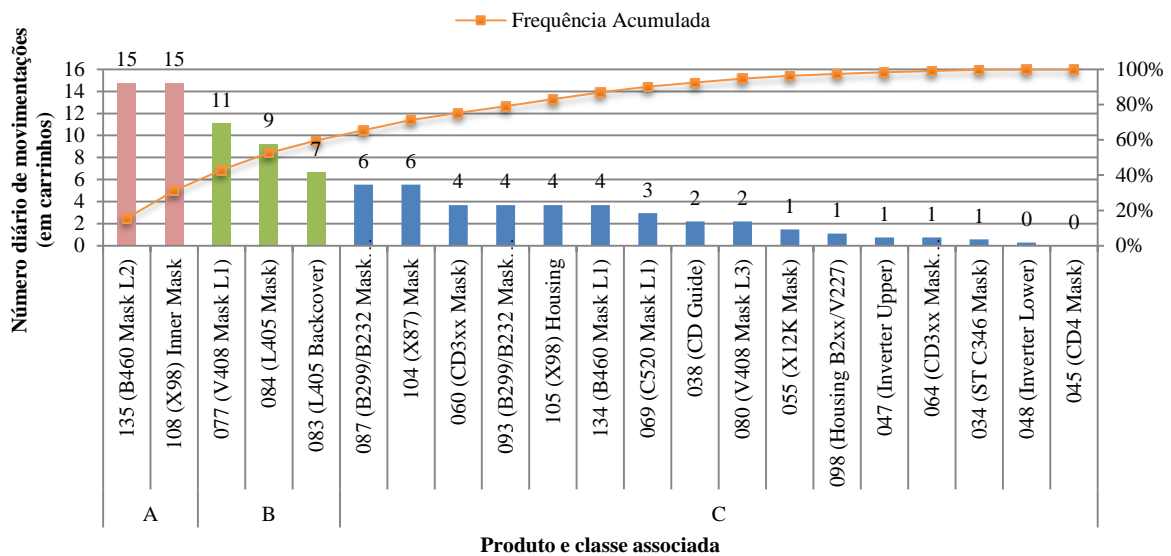


Figura 4.42 – Cenário 2: Diagrama de Pareto para o número diário de movimentações – Armazém do *PreAssembly*

Na Figura 4.42, existe distinção entre 3 classes: a classe A é constituída por 2 referências (*Mask* B460 L2 e X98 *Inner Mask*), a classe B é constituída por 3 referências e a classe C é constituída por 16 referências, perfazendo o total de 21 referências armazenadas.

Após a análise das referências, foi necessário a elaboração de etiquetas de identificação para as *racks*, de forma a melhorar o fator visual e permitir uma maior rapidez na recolha das referências. Foi utilizado um código de cores para as etiquetas de acordo com o cliente final ao qual as referências dizem respeito, como se pode observar na Figura 4.43:

- **Azul** – Referências Ford;
- **Amarelo** – Referências Renault;
- **Cinzeno** – Referências JLR;
- **Cor de Laranja** – Referências *Service* (Referências de produtos descontinuados que apenas se produzem na necessidade da substituição dos produtos já existentes).



Figura 4.43 – Etiquetas de identificação das referências para as racks

Estas mesmas etiquetas serão utilizadas para a identificação dos carrinhos e dos moldes de injeção, na área de Injeção.

Inicialmente para o “Cenário 1: Implementação da 1ª rack” foram duas as configurações sugeridas para a localização das referências na rack, de acordo com diferentes critérios:

- Com base na classificação ABC no Sentido Horizontal (Figura 4.44) – Referências organizadas horizontalmente de acordo com a classificação ABC;

Opção 1

29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
			47	116	80	80	38	87	69	60	60	83	83	83	104	104	104	105	105	105	105	84	84	84	84	84	84		3 2 1
108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	77	77	77	77	77	77	77	77		3 2 1
108	108	108	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93		4 3 2 1

Figura 4.44 – Configuração com base na classificação ABC (sentido horizontal)

- Com base na classificação ABC no Sentido Vertical (Figura 4.45) - Referências organizadas verticalmente de acordo com a classificação ABC;

Opção 2

29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
	38	69	87	83	104	105	84	77	77	77	108	108	108	108	108	108	108	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93		3 2 1
47	80	60	83	104	105	105	84	77	77	77	108	108	108	108	108	108	108	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93		3 2 1
116	80	60	83	104	105	84	84	77	77	77	108	108	108	108	108	108	108	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93		4 3 2 1

Figura 4.45 – Configuração com base na classificação ABC (sentido vertical)

É importante referir, que o nível 1 da rack tem capacidade para 4 caixas por coluna e para o nível 2 e 3 tem capacidade para 3 caixas por coluna devido à palete. Segundo o estudo realizado por Chan e Chan (2011), a melhor configuração é a que apresenta as localizações com base na classificação ABC vertical (Figura 4.45).

Implementação da 1ª rack

Antes da implementação da *rack*, não existia nenhuma zona para *stock* nas traseiras do *PreAssembly*. A Figura 4.46 ilustra o aspeto inicial dessa área, onde é evidente a existência de caixas no chão e falta de organização das mesmas.



Figura 4.46 – Estado inicial da armazenagem na Área dos Plásticos

Numa fase inicial, em fevereiro de 2014, foi implementada uma *rack* para o armazém do *PreAssembly* e etiquetas de identificação nas localizações (Figura 4.47). Com a introdução desta *rack*, foi possível arrumar as caixas, evitando que estas fiquem no chão da área de Injeção, bem como estabelecer uma zona onde os carrinhos podem ficar estacionados enquanto aguardam pelo AGV.



Figura 4.47 – Armazém do *PreAssembly* após implementação da primeira *rack*

Implementação da 2ª rack

Com a introdução da 2ª *rack*, a capacidade de armazenagem aumentou, pelo que a disposição das referências nas *racks* foi alterada. As configurações sugeridas para o “Cenário 2: Implementação da 2ª *rack*”, encontram-se em anexo (Anexo X). A configuração praticada pela Área dos Plásticos encontra-se na Figura 4.48. Foi construída com base na classificação ABC das referências (na vertical) para os níveis 1 e 2 primeiramente e só depois o nível 3. Esta escolha permite acesso a um maior número de produtos de maior rotação no nível inferior (maior rapidez de recolha desses produtos porque não é necessário o auxílio do empilhador) e colocar os produtos de menor rotação no nível 3.

Rack 1																														
134	134	134	134	134	134	134	134	105	105	105	105	105	105	105	105	93	93	93	93	93	93	93	93	60	60	60	60	60	60	
77	77	77	77	77	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	
77	77	77	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135

Rack 2																													
104	104				48	34	64	47	98	98	55	55	55	80	80	80	80	38	38	38	38	69	69	69	69	69	69		
104	104	104	104	87	87	87	87	87	83	83	83	83	83	83	84	84	84	84	84	84	84	84	77	77	77	77	77		
104	104	104	104	87	87	87	87	83	83	83	83	83	83	84	84	84	84	84	84	84	84	77	77	77	77	77	77	77	

Figura 4.48 – Configuração praticada para as *racks* – Cenário 2

4.2.3.2.2. Sistema de *order picking*

O sistema de *order picking* a implementar sugerido e posteriormente implementado é um sistema de *picking* manual. O método de *picking* será discreto (ou *picker-to-order*) que consiste na recolha da totalidade dos produtos pedidos numa *pick list*, uma vez que cada abastecedor será responsável por um único armazém e este tem pequenas dimensões. Para a implementação de um sistema de *order picking* para os produtos do Armazém da Parede e do Armazém do *PreAssembly*, é necessário calcular os seus consumos por hora (em carrinhos) com base na sua procura diária e com o tempo de ciclo que possuem no processo de *PreAssembly*.

Para o Armazém da Parede, as caixas são transportadas em carrinhos de transporte que têm capacidade variável consoante o tipo de referência. Será com essa capacidade que serão efetuados os cálculos do tempo que um carrinho das diferentes referências demora a ser consumido (Tabela 4.19). Pela referida tabela, é possível concluir que as referências mais críticas são o X98 *Lens*, B299 *Lens High* e B299 *Lens Low* com um consumo de 0,5 carrinhos por hora.

Tabela 4.19 – Dados para o cálculo do consumo de carrinhos das referências no *PreAssembly* provenientes do Armazém da Parede

Referência	Procura	Tempo ciclo (segundos)	Peças por caixa	Caixas por carrinho	Movimentos por dia	Consumo de Carrinhos por hora
<i>X98 Lens</i>	1416	31	12	19	6	0,5
<i>X98 Ring L&R</i>	1416	31	12	38	3	0,3
<i>X98 Ring Center</i>	1416	31	15	38	2	0,2
<i>B299 Lens High</i>	2287	32	12	20	10	0,5
<i>X87 Lens</i>	667	32	12	38	1	0,2
<i>T5 Lens</i>	294	60	14	20	1	0,2
<i>L405 Lens</i>	574	80	60	16	0,6	0,05
<i>CD3XX Lens</i>	421	45	14	16	2	0,4
<i>C520 Lens</i>	287	80	15	20	0,5	0,2
<i>B299 Lens Low</i>	114	30	12	20	0,5	0,5
<i>Minor Lens</i>	96	19	100	16	0,06	0,1

Para o Armazém do *PreAssembly*, as caixas são transportada em carrinhos de transporte que têm capacidade para 12 caixas. Será com essa capacidade que serão efetuados os cálculos do tempo que um carrinho das diferentes referências demora a ser consumido (Tabela 4.20). Através dos dados é possível verificar que as referências mais críticas são a *Inner Mask* do X98, a *Mask* do B299 High, a *Mask* do V408 e a *Mask* do B299 Low. Por exemplo para o *cluster* B299 High, que tem um *takt time* de 32 segundos, a cada 6,4 minutos uma caixa de *Mask* (12 unidades) é consumida, e um carrinho (12 Caixas) é consumido a cada 0,8 horas.

Tabela 4.20 – Dados para o cálculo do consumo de carrinhos das referências no *PreAssembly* provenientes do Armazém do *PreAssembly*

Referência	Procura	Tempo ciclo (segundos)	Peças por caixa	Movimentos por dia	Consumo de Carrinho/hora
<i>X98 Housing</i>	1416	31	60	1	0,2
<i>X98 Inner Mask</i>	1416	31	12	7	0,8
<i>B299 Mask High</i>	2287	32	12	12	0,8
<i>X87 Mask</i>	667	32	30	1	0,3
<i>V408 Mask</i>	316	50	8	2,5	0,8
<i>L405 Mask</i>	574	80	20	2	0,2
<i>CD3XX Mask</i>	421	45	28	0,9	0,2
<i>C520 Mask L1</i>	144	80	20	0,4	0,2
<i>CD Guide</i>	5172	35	750	0,4	0,01
<i>B299 Mask Low</i>	114	30	12	1	0,8
<i>Mask</i>	96	19	530	0,01	0,03
<i>Inverter Lower</i>	200	120	48	0,3	0,05

Através da análise dos tempos de consumo de um carrinho, tanto para carrinhos do Armazém da Parede (Tabela 4.19) como para carrinhos do Armazém do *PreAssembly* (Tabela 4.20), a organização

decidiu a utilização de *pick lists* de hora a hora, ou seja, de 1 em 1 hora é gerada uma *pick list* para abastecer as necessidades do *PreAssembly*. É importante referir que as necessidades das referências variam consoante as linhas de produção no *PreAssembly*, daí a dificuldade em estabelecer rotas de abastecimento.

Para que seja possível implementar o sistema de *order picking*, é necessário implementar o sistema WARE na Área do Plásticos. Será a partir dele que será criada a base de dados do armazém, com todas as referências a ele associados e só a partir desta informatização do armazém será possível realizar a implementação do *order picking* e a geração de *pick lists*.

4.2.3.2.3. Implementação do sistema WARE

O WARE V3.0 é um sistema de gestão de *stocks* desenvolvido pela área de Manufacturing Execution Systems da Visteon Corporation. Este sistema permitirá controlar e gerir os *stocks* existentes, imprimir etiquetas FIFO e realizar o processo de *order picking*.

Inicialmente foi necessário criar o armazém e a sua base de dados, introduzindo quais as referências (*part numbers* - PN) armazenadas e quais os seus *stocks* mínimos e máximos.

Etiquetas FIFO

Cada PN, depois de ser produzido e ao entrar no sistema de armazenagem WARE, tem atribuída uma etiqueta FIFO (Figura 4.49) que contém informação sobre:

1. *Part number* (P), neste caso os *part numbers* serão substituídos pelo numero do molde de injeção de forma a facilitar o reconhecimento do produto a armazenar, como por exemplo 45 (molde 45);
2. *Quantidade* (QTY);
3. *Número do Lote*, é dado pela data de geração da etiqueta FIFO;

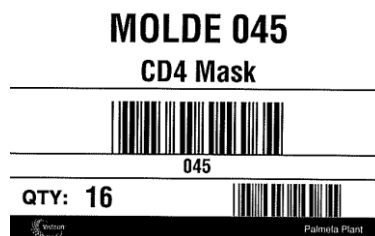


Figura 4.49 – Exemplo de uma etiqueta FIFO

O sistema de *order picking* implementado na empresa terá por base localizações estáticas no Armazém de *PreAssembly* e da Parede, sendo feito manualmente e tendo como método de recolha dos produtos o *picking* discreto.

Para iniciar o processo de *order picking*, é necessário que o pedido seja gerado no *PreAssembly*. A geração do pedido, efetuada na página *Manual Material Request Page* (Figura 4.50), deve ser efetuada de acordo com as necessidades sentidas em cada linha de produção do *PreAssembly*.

Manual Material Request Page

☐ Request By Quantity

Line:

User:

Levels:

Qty:

End Item:

Request by Part Number

Part Number:

Qty:

Part Number	Description	Current	Qty. x U.	U. Pack	Order	Total	Error	Level	All Pending	Pending By Line
077	V408 MASK L1	32	0	8	1	8	✓		280	256

1 - Introdução da Área que está a fazer o pedido (PREASSY)

2 - Introdução do User que faz o pedido

3 - Introdução do número do Molde

4 - Introdução da Quantidade por Caixa

Figura 4.50 – Geração de um pedido de material

Após a geração do pedido, este fica disponível para a impressão da *pick list* por parte do abastecedor. Na página *Material Requirements*, o Abastecedor terá que seleccionar (Figura 4.51):

- 1º - Warehouses: RACK PREASSY
- 2º - Lines: PREASSY
- 3º - Selecionar “Search” para verificar quais os pedidos pendentes para gerar a *pick list*

Material Requirements

User:
[Change User](#)

Warehouses

☐ Select All

- ☐ PLA PLASTICS
- ☐ Q
- ☐ R
- ☒ RACK PREASSY RACK PREASSY
- ☐ RRHR REELS ROOM FOR HIGH RUNNERS
- ☐ RRLR REELS ROOM FOR LOW RUNNERS

Lines

☐ Select All

Line	Oldest Requirement	Time Since Last Requirement
<input checked="" type="checkbox"/> PREASSY	6/5/2014 9:33:14 AM	0 DAYS 0 HOURS 20 MINUTES

3º

Figura 4.51 – Geração da *pick list*

A *pick list* (Figura 4.52) é exibida mostrando quais os pedidos que podem ser satisfeitos e, a vermelho, os pedidos que não podem ser satisfeitos por falta de *stock*. Neste passo a *pick list* está pronta a ser impressa.

Material Requirements

User

SOFIA QUINTANEIRO

Change User

Show Filter

Print

☒ Print Continuous Sheet

☒ Total Requirements: 28

Available to Print: 4


With Insufficient Quantity: 24

Blocked By QA: 0

Date	Line	Part Number	Qty.	Location	Warehouse	Qty. on WH
<input checked="" type="checkbox"/> 6/5/2014 9:33:14 AM	PREASSY	077	8	RACK PREASSY	RACK PREASSY	32
<input checked="" type="checkbox"/> 6/5/2014 9:33:14 AM	PREASSY	077	8	RACK PREASSY	RACK PREASSY	32
<input checked="" type="checkbox"/> 6/5/2014 9:33:14 AM	PREASSY	077	8	RACK PREASSY	RACK PREASSY	32
<input checked="" type="checkbox"/> 6/5/2014 9:33:14 AM	PREASSY	077	8	RACK PREASSY	RACK PREASSY	32
<input type="checkbox"/> 6/5/2014 9:33:14 AM	PREASSY	077	8	RACK PREASSY	RACK PREASSY	32

Figura 4.52 – Ecrã de exibição da *pick list*

A Figura 4.53, ilustra uma *pick list*. Esta contém dados referentes à ordem em que foi efetuado o pedido, a data e hora do pedido, qual a linha a abastecer, o *part number* (referência), a quantidade e qual a zona onde a referencia está armazenada.

User: SOFIA QUINTANEIRO
Pick List: 431109

PrintDate: 6/5/2014 10:50:44 AM
Page 1 / 1

	Date	Line	Part Number	Qty.	Storage Area	FIFO	Location	Range ID
1	6/5/2014 9:33:14 AM	PREASSY	077	8	RACK PREASSY		RACK PREASSY	
2	6/5/2014 9:33:14 AM	PREASSY	077	8	RACK PREASSY		RACK PREASSY	
3	6/5/2014 9:33:14 AM	PREASSY	077	8	RACK PREASSY		RACK PREASSY	
4	6/5/2014 9:33:14 AM	PREASSY	077	8	RACK PREASSY		RACK PREASSY	

Figura 4.53 – Exemplo de *pick list*

Depois de imprimir a *pick list* e recolher as referências solicitadas, o abastecedor precisa de eliminar do sistema o *stock* das referências consumidas (através das etiquetas FIFO) para que estas deixem de existir em armazém. Este processo denomina-se “*Move Out*” (Figura 4.54).

Move Out by Pick List

User: Password:
[Change User](#)

Enter the Pick List Id number

☐ Partial Picking

Introduzir o número da *Pick List* gerada.

Enter the FIFO
 Qty.
 Part Number

Introduzir as etiquetas FIFO requeridas na *Pick List* para fazer *Move Out*.

Requirements List

	Part Number	Qty.	Picked	FIFO	Location	Led Code
Edit Delete	077	8				
Edit Delete	077	8				
Edit Delete	077	8				
Edit Delete	077	8				

Figura 4.54 – Processo de *Move Out*

Posteriormente, as referências têm que dar entrada nas linhas de produção do *PreAssembly*, processo denominado de “*Material In*” (Figura 4.55) novamente através da leitura das etiquetas FIFO.

Selecionar “*Material In*” para fazer a Receção

WARE

Material In SMT Material Out

Material In Drop-In Material Out

Production Receiving

Material Request

Material In Final Assy

POU Move POU Admin POU Audit

PALMELA EPG (PAL00010)

Final Assy Material Reception

Line

[Logout](#)

User

Pick List ID

Figura 4.55 – Processo de *Material In*

4.2.3.2.4. Melhoria do *order picking*

Após a implementação do *order picking*, foi efetuada a análise do tempo despendido a completar o pedido de uma *pick list*. Os dados para esta análise encontram-se no Anexo XI.

Nos resultados obtidos inicialmente (Figura 4.56), verificou-se que as operações de *Setup*, como a ler as etiquetas FIFO das referências pedidas, eram as operações que mais tempo consomem ao abastecedor (cerca de 77% do tempo despendido).

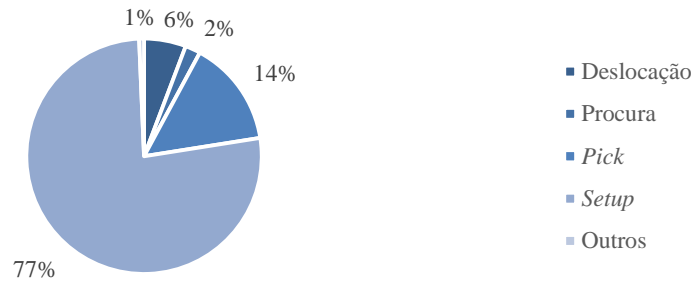


Figura 4.56 – Percentagem de tempo alocada a cada atividade do *order picking* na fase inicial

Através desses dados, encontrou-se a necessidade de melhorar o sistema de leitura (pistola com laser) das etiquetas FIFO. A melhoria do feixe de incidência do laser da pistola, permitiu agilizar o processo de leitura das etiquetas FIFO, passando as operações de *Setup* a representarem 39% do tempo despendido para finalizar a *pick list* (Figura 4.57).

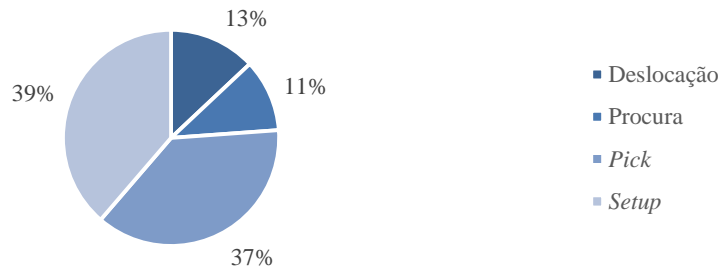


Figura 4.57 – Percentagem de tempo alocada a cada atividade do *order picking* após melhoria do sistema de leitura das etiquetas FIFO

Através da análise da série temporal (Figura 4.58) do tempo despendido por caixa de uma referência presente na *pick list* é possível verificar que a partir da observação 38 existe uma mudança no comportamento da mesma, devido à melhoria do sistema de leitura da pistola laser. Antes da melhoria do sistema de leitura da pistola laser, o abastecedor demorava em média 41 segundos por caixa no processo de *order picking* e após a melhoria demora cerca de 28 segundos estes valores foram obtidos através da média das observações.

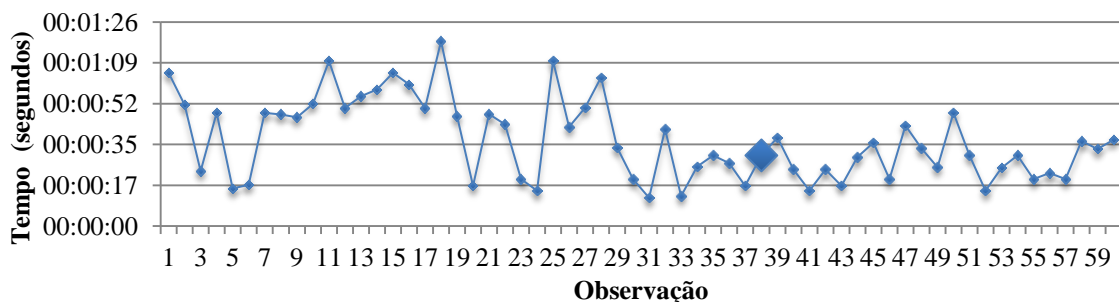


Figura 4.58 – Série temporal do tempo despedido por caixa na leitura da *pick list*

4.2.3.3. *Melhoria do processo produtivo*

A utilização da ferramenta DMAIC tem como foco principal a melhoria do processo de injeção de *lens* (lentes) do *cluster* B299 *High* com o molde 094.1, através da redução do número de peças não conformes (*scrap*). Ao longo das cinco das fases de implementação do DMAIC serão aplicadas diferentes ferramentas que irão auxiliar na melhoria do processo produtivo.

4.2.3.3.1. *Define*

Na fase *Define* (Figura 4.59) é importante definir qual o esboço do projeto, qual o seu objetivo, quais as datas associadas ao mesmo e qual a equipa que participará na sua realização.

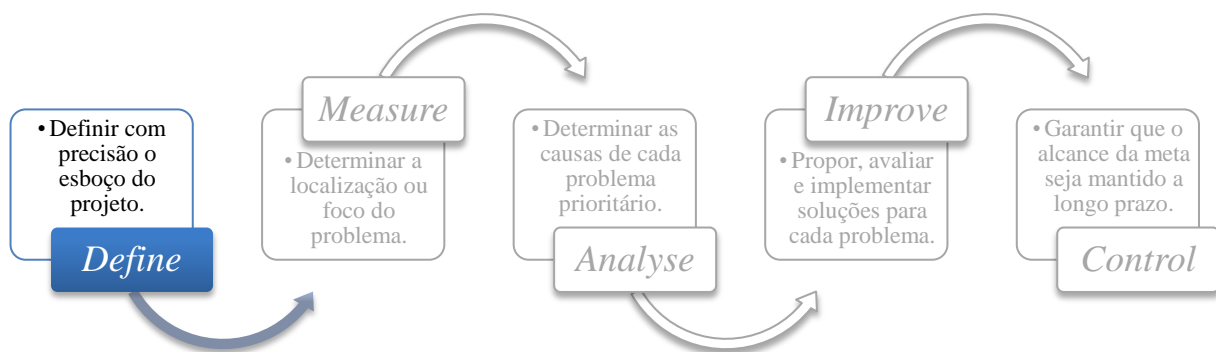


Figura 4.59 – Fase *Define*

O âmbito do projeto é a melhoria do processo de injeção nas lentes do B299 para o molde de injeção 094.1, através da redução do número de peças não conforme (defeituosas) que são detetadas no processo de inspeção visual na linha de produção, aumentando o desempenho do processo. No início do projeto (*baseline*), foi registado *scrap* de 43,6% e um OEE de 44%, pretende-se uma redução do nível de *scrap* em 25%, ou seja, obter cerca 33% de *scrap* no processo em questão. O projeto teve início a 3 de março de 2014 e terminará a 1 julho do mesmo ano. As pessoas envolvidas no projeto serão a equipa da Área dos Plásticos (engenheiros, técnicos e operadores) e o *black belt* André Gomes do Departamento da Qualidade. O *Project Charter* para este projeto encontra-se no Anexo XII.

De forma a melhor compreender o processo de produção das lentes, no Anexo XIII, encontra-se um fluxograma detalhado do mesmo, desde a matéria-prima até à inspeção visual por parte do operador. O processo de inspeção visual, é efetuado numa bancada junto à linha de produção (Figura 4.60), que possui a iluminação necessária e uma superfície de cor branca e outra preta para que a lente seja inspecionada nos dois tipos de contraste.



Figura 4.60 – Bancada de inspeção visual na linha de produção das lentes B299 (molde 094.1)

Quando existe um defeito que seja em zonas que possa causar dúvidas, a lente é inspecionada no laboratório da Qualidade, pelo técnico da Qualidade num testador sem iluminação e com iluminação (Figura 4.61).

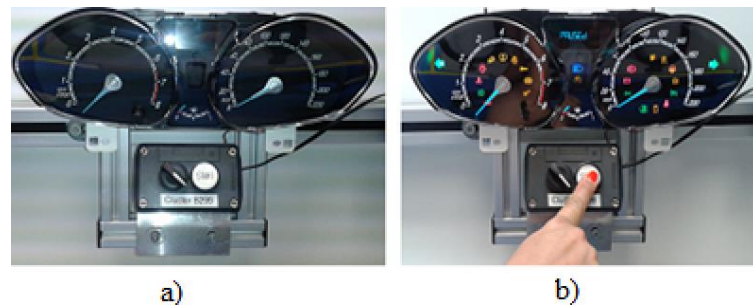


Figura 4.61 – Testador para lentes B299: a) sem iluminação; b) com iluminação.

4.2.3.3.2. *Measure*

Na fase *Measure* (Figura 4.62) será elaborado um catálogo de defeitos detetados nas lentes, definido qual o critério de rejeição que inicialmente está a ser utilizado no processo de inspeção e quais os tipos de defeito mais facilmente identificáveis, bem como a avaliação desse sistema de análise.

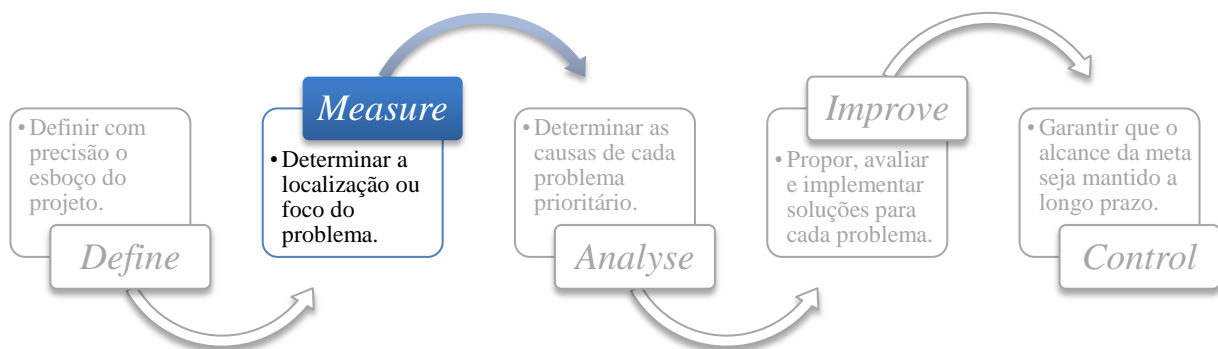


Figura 4.62 – Fase *Measure*

Em relação à lente foram detetados no processo de inspeção visual diversos tipos de defeito que se encontra catalogados na Tabela 4.21, incluindo a sua descrição e uma foto ilustrativa de cada.

Tabela 4.21 – Catálogo de defeitos detetados no processo de inspeção visual nas lentes B299


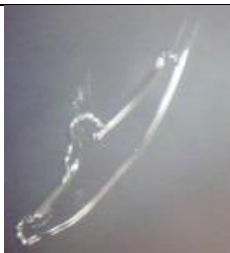

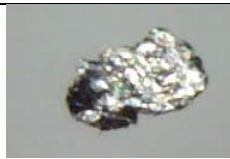



Tipo de Defeito	Defeito	Descrição	Foto do Defeito
Contaminação	Pintas Brancas	Rebarbas de pequenas dimensões na superfície da lente	
		Pequenas partículas dentro que impedem a fluidez do material	
		Gotas de água	
		Brilhos	
		Bolhas	
	Pintas Pretas	Contaminação de cor preta	
	Pintas Castanhas	Contaminação de cor castanha	

Tabela 4.21 – Catálogo de defeitos detetados no processo de inspeção visual nas lentes B29 (continuação)

Tipo de Defeito	Defeito	Descrição	Foto do Defeito
Corte do Laser	Mau corte	Corte na zona errada	
	Dimensão do corte errada	Corte grande	
		Corte pequeno	
	Fumo	Fumo do laser mancha a lente	
Risco	Risco	Lente com riscos ou arranhões	
Rebarba colada	Rebarba	Rebarbas da lente que se colam em zonas da superfície da mesma	
Manchas	Mancha	Sujidade na lente	
Lente Estalada	Estalada	Lente partida (estalada)	
Gito colado	Gito colado	Fio do gito cola-se na superfície da lente	
Ondulação	Ondulação	A superfície da lente tem ondulações em diversas zonas.	

No processo de inspeção visual, a lente é considerada não conforme sempre que algum dos defeitos referidos anteriormente for detetado, com a exceção de:

- Defeitos que se localizam numa zona que fique coberta pela *Mask* depois da montagem;
- Pintas de pequenas dimensões que não se detetem após a montagem;
- Ondulação de pouca intensidade que não provoque distorção nos dígitos do Aplique depois da montagem.

Estas exceções são difíceis de detetar, e podem dar origem a falsos rejeitados ou à aceitação de peças não conformes, pelo que serão denominadas de “zona cinzenta”.

Este é o critério inicialmente praticado. É importante referir que uma lente pode ter um ou mais defeitos do mesmo ou de outro tipo, sendo que é rejeitada pelo primeiro defeito que for detetado. Por exemplo, uma lente pode ser rejeitada por ter o corte do laser pequeno, e ter na mesma pintas brancas ou qualquer outro tipo de defeito que não foi detetado.

Na Figura 4.63, encontra-se o diagrama para o tipo de defeitos mais frequentemente identificados como motivo de rejeição da lente.

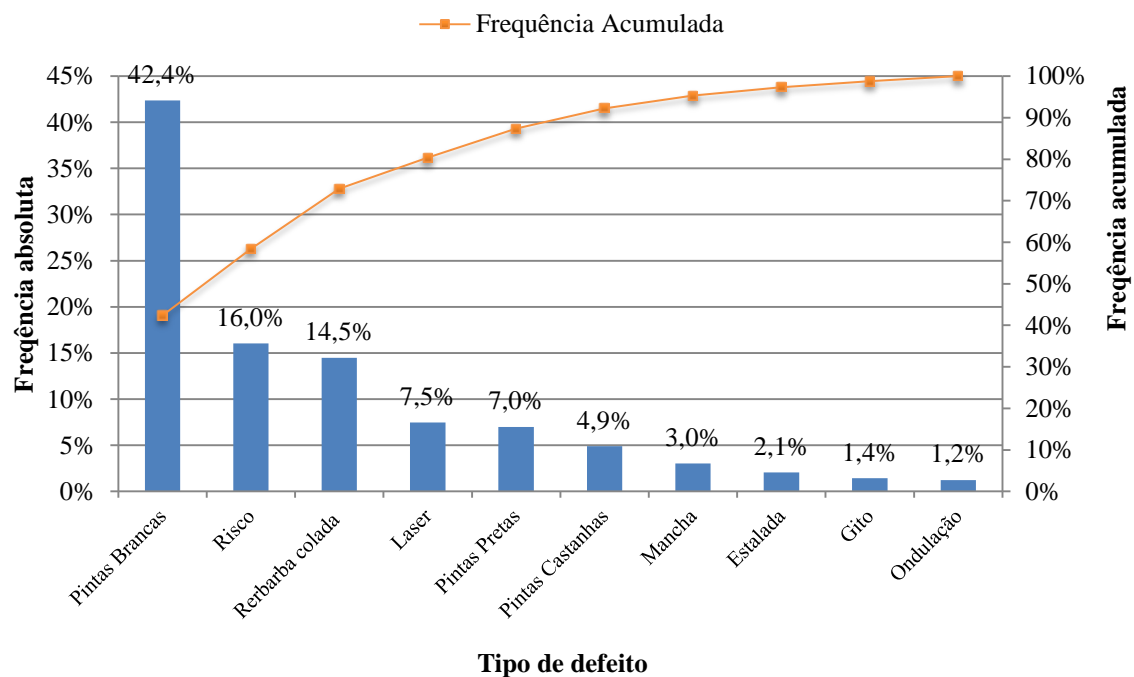


Figura 4.63 – Análise da frequência para os tipos de defeito indicados como motivo de rejeição

Através da análise da frequência é possível verificar que o tipo de defeito que mais vezes é indicado como motivo de rejeição é “Pintas Brancas” como 42,4%, seguido de “Risco” com 16% e de “Rebarba Colada” com 14,5%. O tipo de defeito menos vezes indicado é “Ondulação” com 1,2%.

Dado o método visual de identificação dos defeitos serão elaborados dois estudos R&R para atributos de forma a medir o sistema de análise utilizado na inspeção e rejeição das lentes.

Os estudos R&R são uma importante técnica para a análise da capacidade do sistema de medição através da avaliação de dois “R’s”: **Repetibilidade** (capacidade de obter o mesmo valor de medição ao longo de várias medições das mesmas peças nas mesmas condições) e **Reprodutibilidade** (capacidade de obter o mesmo valor de medição através da medição das mesmas peças em condições diferentes) (Lyu & Chen, 2010) (Montgomery, 2009) (Pyzdek, 2003).

Para os R&R de atributos, o *output* resultante das medições não é numérico mas um medidor de atributo do tipo OK (para peças conformes) /NOK (para peças não conformes). Este tipo de estudo é muito comum para avaliar se os operadores têm todos o mesmo critério quando analisam/inspecionam uma peça, ou seja, se existe concordância. Neste tipo de R&R é comparada a concordância entre operadores e a concordância entre cada um dos operadores e o *expert* (considerado como o critério correto). O número de amostras recolhidas deve ser o “suficiente” para ter confiança no sistema de medição. O Automotive Industry Action Group (AIAG) lançou um manual MSA onde define os Sistemas de Medição de atributos como sistemas nos quais os resultados são um número finito de categorias. Neste padrão internacional, os operadores que avaliam os atributos são comparados de forma a obter o grau de concordância (valor *kappa* de Cohen). O valor de *kappa* vai de 0 (nenhuma concordância entre operadores) a 1 (total concordância entre operadores). Geralmente, valores superiores a 0,75 são considerados uma boa concordância e os valores inferior a 0,4 indicam uma fraca concordância entre operadores (MSA, 2010) (Lyu & Chen, 2010).

Desta forma, nos estudos R&R realizados para o caso de estudo, os operadores inspecionaram uma amostra de 50 lentes (uma vez que se trata de um estudo R&R atributivo), 3 vezes cada e de forma aleatória. Os estudos foram realizados com os mesmos 3 operadores e com as mesmas condições de inspeção (luz e bancada). O relatório dos dados, dados e resultados obtidos nos R&R’s encontra-se no Anexo XIV.

No primeiro R&R, os operadores inspecionaram a amostra de 50 lentes constituída por lentes conformes (OK) e lentes não conformes (NOK), bem como lentes da “zona cinzenta” que se encontram dentro das exceções ou que podem ser confundidas com esta. O objetivo deste R&R consiste em perceber se os operadores são capazes de detetar defeitos de todo o tipo na lente e avaliar se são OK ou NOK de forma correta. Para este R&R obteve-se um *kappa* de Cohen (*score*) de 38%, quer entre operadores quer na comparação entre os operadores e o *expert*, o que indica que existe uma fraca concordância entre estes. Na Figura 4.64, encontram-se os gráficos dos resultados em detalhe no qual se pode verificar que o operador 1 foi o que obteve melhores resultados com 76% de concordância do operador e 64% de concordância quando comparado com o *expert*.

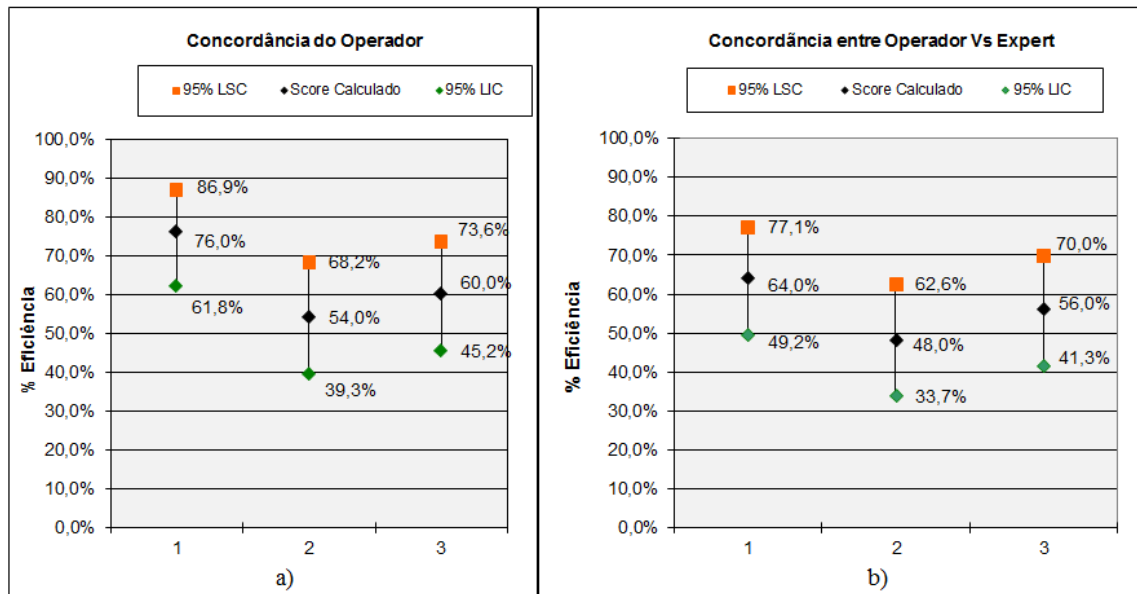


Figura 4.64 – Resultados do primeiro estudo R&R: a) Concordância do operador; b) Concordância entre o operador e o *expert*

Os valores indicam que o sistema de medição tem pouca concordância, tornando-se desadequado. A existência de falsos rejeitados e um critério pouco claro, podem ser os responsáveis por este valor tão baixo de concordância.

Na tentativa de perceber se o critério de inspeção é pouco claro ou se a dificuldade se encontra em detetar o defeito é necessário um segundo R&R. No segundo R&R, os mesmos 3 operadores inspecionaram uma amostra de 50 lentes constituída unicamente por lentes da “zona cinzenta” que se encontram dentro da exceção (OK) ou que podem ser confundidas com esta (NOK), que se encontravam já identificados e assinalados na lente. O objetivo deste R&R é avaliar se o operador quando confrontado com um defeito já identificado, consegue avaliar corretamente se a lente é OK ou NOK.

Para este R&R obteve-se um *kappa* de Cohen de 54% para os operadores e de 52% comparação entre os operadores e o *expert*. Esta diferença de 2% deve-se ao resultado da inspeção da lente nº41 que foi dada como OK pelo *expert* e como NOK por todos os operadores. Na Figura 4.65, encontram-se os gráficos dos resultados em detalhe. O operador 1 foi o que obteve melhores resultados com 84% de concordância em si e 72% de concordância quando comparado com o *expert*.

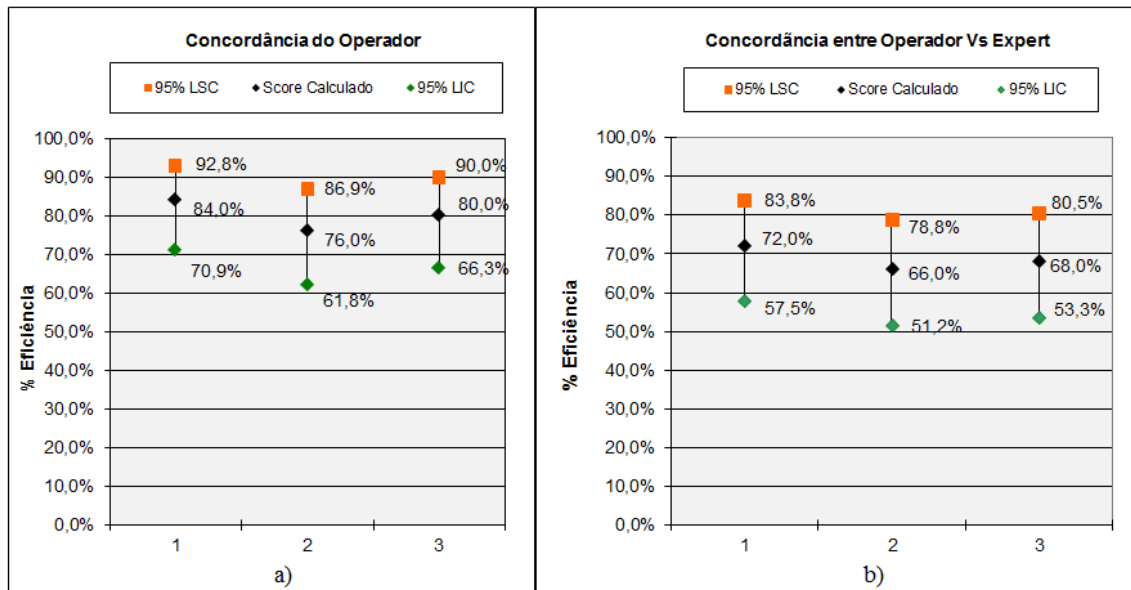


Figura 4.65 – Resultados do segundo estudo R&R: a) Concordância do operador; b) Concordância entre o operador e o *expert*

Apesar da melhoria dos valores do primeiro para o segundo R&R, estes valores continuam a indicar que não existe concordância na tomada de decisão quer entre operadores quer entre os operadores e o *expert*. Este facto indica que os critérios de inspeção não estão bem definidos e que é necessário reforçar a formação aos operadores para que estes façam uma boa inspeção, reduzindo falsas rejeições.

De forma a medir a proporção de peças defeituosas na produção das lentes e com o intuito de elaborar uma carta de controlo para esta variável, foram recolhidas amostras de 1 hora de produção, ao longo dos 3 turnos de forma a obter variabilidade na amostragem, durante o período de 21 de março a 27 de junho, num total de 150 amostras. Efetuou-se a divisão entre as peças provenientes que cada uma das cavidades (1 e 2) do molde 094.1 (Figura 4.66) de forma a conseguir entender se existe alguma relação entre a cavidade e o tipo de defeito detetado.



Figura 4.66 – Molde 094.1 com as cavidades 1 e 2 identificadas

Entre os diversos tipos de cartas de controlo, encontram-se as cartas de controlo p que têm como objetivo o controlo da proporção (p) de peças não conformes ou defeituosas (d) em amostras de

dimensão variável (n). A sua construção baseia-se na distribuição binomial, e para a construção destas cartas são necessárias pelo menos 50 amostras (Pereira & Requeijo, 2008).

Para a elaboração das cartas de controlo p recorreu-se ao Minitab. Através do menu *Stat->Control Charts -> Attribute Charts -> P*. Posteriormente foram seleccionadas as variáveis a ter em conta para a elaboração das cartas, número de defeitos e tamanho da amostra, tendo em conta n amostras retiradas. As cartas de controlo p inicialmente obtidas para a cavidade 1 e 2 encontram-se no Anexo XV. É importante referir que as amostras retiradas para a construção das cartas, são diferentes da amostra inicialmente retirada onde se obteve os 43,6% de *scrap*.

Para este tipo de carta de controlo, o limite superior de controlo (LSC) é dado pela equação (22), o limite central (LC) é dado pela equação (23) e por último, o limite inferior de controlo (LIC) é dado pela equação (24). Para $i=1,2,3\dots m$, sendo m o número total de amostras recolhidas (Pereira & Requeijo, 2008) (Pyzdek, 2003) (Mazini, Regattieri, Pham, & Ferrari, 2010).

$$LSCp_i = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n_i}} \quad (22)$$

$$LCp_i = \bar{p} \quad (23)$$

$$LICp_i = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n_i}} \quad (24)$$

Após a construção das cartas de controlo p , procedeu-se ao tratamento dos dados p de forma a remover os *outliers*, sendo considerado *outlier* qualquer ponto fora dos limites de controlo, tendo sido removido da carta. Estes pontos foram removidos por corresponderem a:

- Amostras de início de *setup*;
- Falta de limpeza do filtro e tremonha;
- Material com humidade.

Cavidade 1

Após a remoção dos *outliers*, obtém-se a carta de controlo de proporção de peças não conformes para a Cavidade 1 (Figura 4.67), tendo como limites de controlo:

$$LSC = 25,28\%$$

$$LC = 13,03\%$$

$$LIC = 0,78\%$$

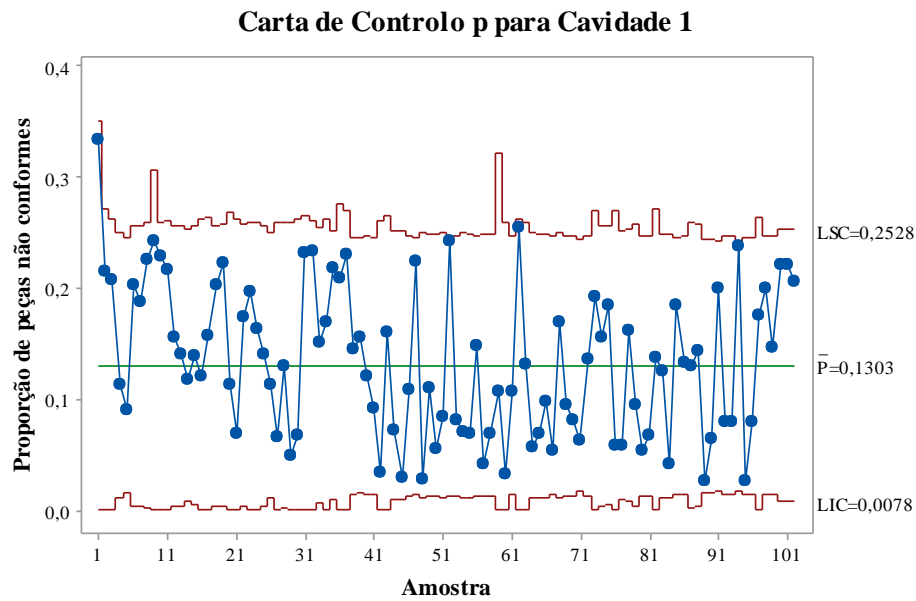


Figura 4.67 – Carta de Controle p para a Cavidade 1 (após remoção dos *outliers*)

Cavidade 2

Após a remoção dos *outliers*, obtém-se a carta de controle da proporção de peças não conformes para a Cavidade 2 presente na Figura 4.68, tendo como limites de controle:

$$LSC = 33,46 \%$$

$$LC = 19,14\%$$

$$LIC = 4,83\%$$

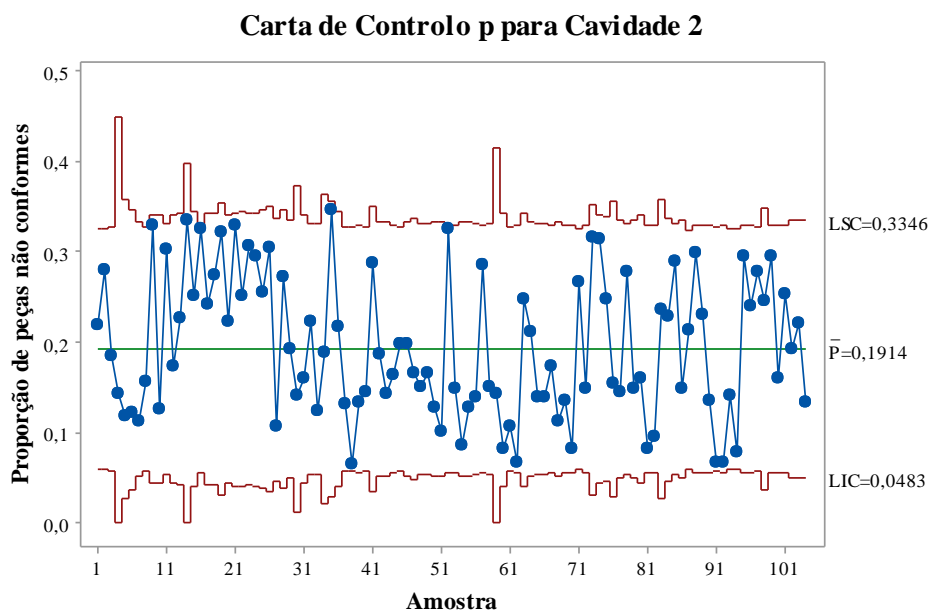


Figura 4.68 – Carta de Controle p para a Cavidade 2 (sem *outliers*)

4.2.3.3.3. *Analyse*

Na fase *Analyse* (Figura 4.69), serão analisados os dados obtidos de forma a determinar as causas dos problemas encontrados para que a melhoria do processo seja mais facilmente atingida.

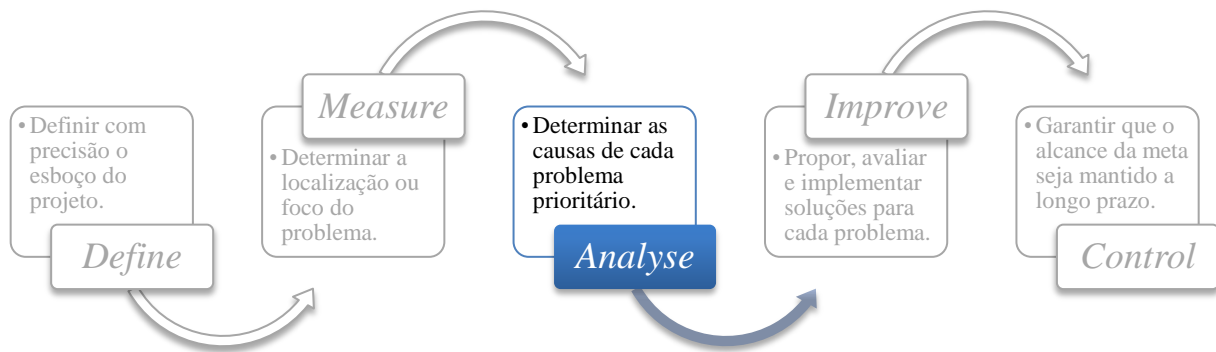


Figura 4.69 – Fase *Analyse*

De forma a entender os tipos de defeitos que surgem é crucial a identificação das suas possíveis causas, a sua proveniência e quais dos parâmetros influenciaram mais a qualidade final das peças injetadas. O levantamento das causas de cada defeito foi concretizado através de referências bibliográficas, da observação do processo e de entrevistas informais a técnicos, operadores e engenheiros.

Deste modo, foram identificados as causas de cada um dos defeitos (Anexo XVI), podendo estes estar relacionados com:

- **Molde** – Má concepção do molde na fase de projeto, presença de sujidade no mesmo;
- **Matéria-prima (material)** – Má escolha da mesma, como por exemplo fluidez desadequada;
- **Processo de injeção** – Má regulação paramétrica do processo de injeção;
- **Manuseamento da peça** – O operador não manuseia devidamente a peça após a injeção, como por exemplo a não utilização de luvas.

Através da análise dos valores das amostras, conclui-se que o defeito mais incidente em ambas as cavidades é “Pintas Brancas”. Este defeito pode ter diversas causas, uma vez que devido à sua pequena dimensão é difícil identificar na inspeção algo mais do que uma pinta branca. Apenas com o microscópio foi possível identificar os diversos aspetos que uma pinta branca pode ter. Deste modo, foi efetuado o diagrama de *Ishikawa* para este tipo de defeito tendo em conta as fontes acima mencionadas (Figura 4.70).

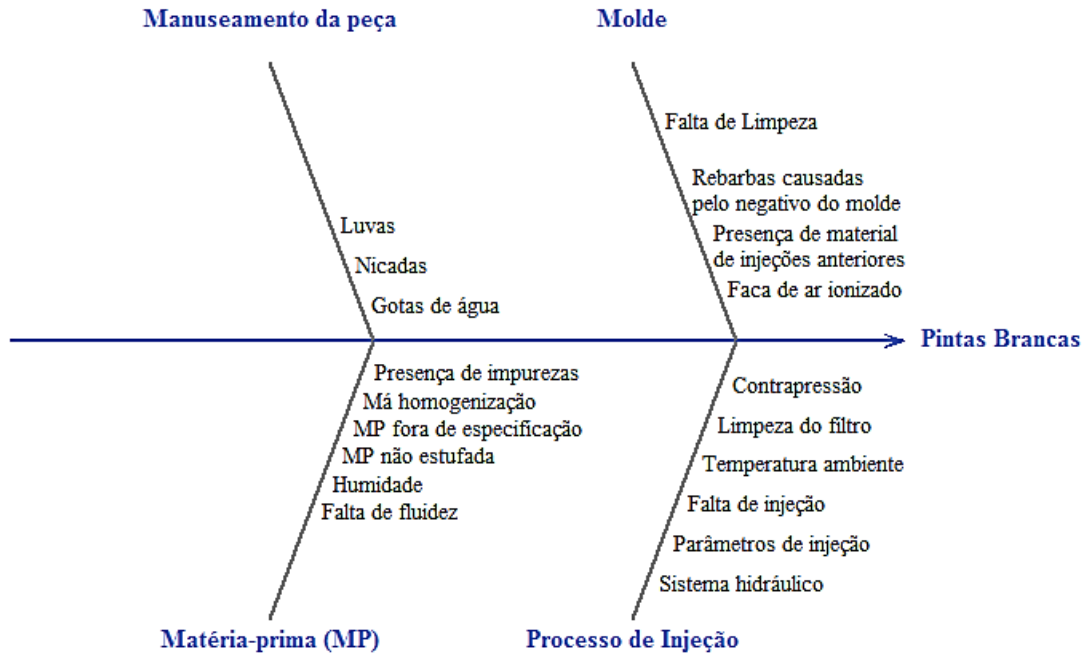


Figura 4.70 – Diagrama de Ishikawa para o tipo de defeito "Pintas Brancas"

De forma a estudar a significância estatística das proporções alcançadas nas cavidades 1 e 2 ($n_1=102$ observações para a Cavidade 1 e $n_2=104$ observações para a Cavidade 2) testaram-se as seguintes hipóteses (Lisboa, Augusto, & Ferreira, 2012):

$$\begin{cases} H_0 : p_1 - p_2 = 0 \\ H_1 : p_1 - p_2 \neq 0 \end{cases}$$

Pelo que para um intervalo de confiança de 95%, o nível de significância (α) será de 5% sendo expectável um $-z_{\alpha/2}=-1,96 < Z_{obs} < z_{\alpha/2}=1,96$. O valor de Z_{obs} é dado pela equação (25).

$$Z_{obs} = \frac{\hat{p}_1 - \hat{p}_2}{\sqrt{\frac{\hat{p}_1(1-\hat{p}_1)}{n_1} + \frac{\hat{p}_2(1-\hat{p}_2)}{n_2}}} \quad (25)$$

Através dos dados obtem-se um $\hat{p}_1=0,1303$ e um $\hat{p}_2=0,1914$; e consequentemente, pela equação (25), um $Z_{obs} = \frac{\hat{p}_1 - \hat{p}_2}{\sqrt{\frac{\hat{p}_1(1-\hat{p}_1)}{n_1} + \frac{\hat{p}_2(1-\hat{p}_2)}{n_2}}} = -1,198$.

Pelo que, para o nível de significância considerado não existe evidência estatística para se rejeitar a hipótese nula, admitindo-se assim a igualdade das proporções entre cavidades.

Definição dos tipos de defeitos mais vezes indicados como motivo de rejeição em cada uma das cavidades

Através da Figura 4.71, é possível verificar que para a Cavidade 1, o defeito mais comum e facilmente identificável é “Pintas Brancas” com 40% do total de defeitos identificados, seguido “Riscos” com 18% e de “Rebarba Colada” com 14%.

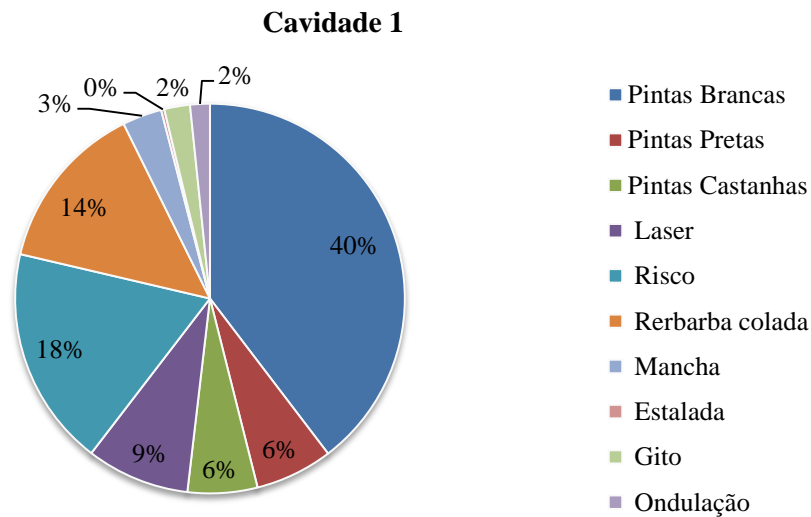


Figura 4.71 – Percentagem de incidência de cada defeito na Cavidade 1

Por outro lado, através da Figura 4.72, é possível verificar que para a Cavidade 2, o defeito mais comum e facilmente identificável é “Pintas Brancas” com 45% do total de defeitos identificados, seguido “Rebarba Colada” com 15% e “Riscos” com 14%.

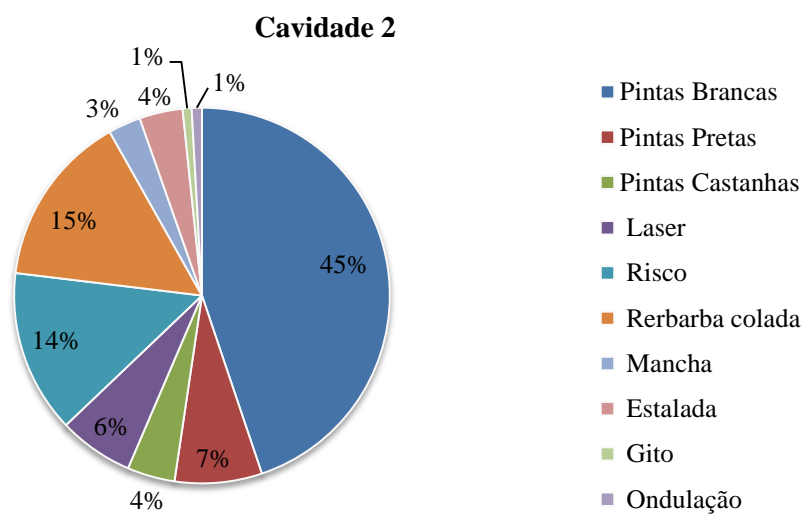


Figura 4.72 – Percentagem de incidência de cada defeito na Cavidade 2

É possível afirmar que os tipos de defeito com maior frequência são comuns entre as 2 cavidades apesar terem percentagens diferentes. Como tal, é necessário verificar se existem diferenças significativas entre as proporções dos tipos de defeitos entre cavidades para um intervalo de confiança de 95% ($\alpha = 5\%$), sendo expectável um $-z_{\alpha/2} = -1,96 < Z_{obs} < z_{\alpha/2} = 1,96$. O valor de Z_{obs} é dado pela equação (25).

A análise realizada (Tabela 4.22) indica que para o nível de significância considerado, apenas existirão diferenças significativas entre cavidades, para o tipo de defeito “Estalada”. Pelo que, para os restantes tipos de defeito, não existe evidência estatística para se rejeitar a hipótese nula, admitindo-se assim a igualdade das proporções entre cavidades.

Tabela 4.22 – Análise das proporções dos tipos de defeitos entre cavidades

	Proporção Cavidade 1 (\hat{p}_1)	Proporção Cavidade 2 (\hat{p}_2)	Z_{obs}	Análise estatística
Pintas Brancas	40%	45%	-0,73	Não significativo
Pintas Pretas	6%	7%	-0,25	Não significativo
Pintas Castanhas	6%	4%	0,68	Não significativo
Laser	9%	6%	0,84	Não significativo
Risco	18%	14%	0,63	Não significativo
Rebarba colada	14%	15%	-0,34	Não significativo
Mancha	3%	3%	0,02	Não significativo
Estalada	0%	4%	-2,04	Significativo
Gito	2%	1%	0,60	Não significativo
Ondulação	2%	1%	0,60	Não significativo

Para o tipo de defeito “Estalada” (única diferença estatística detetada), como potencial explicação tem-se o desenho do próprio molde e a diferença de temperaturas que pode existir entre as diferentes zonas do molde e consequentemente as duas cavidades. Por outro lado, a pressão exercida na lente pode ser diferente entre as duas cavidades.

Através das cartas de controlo é possível verificar que o processo de injeção das lentes é um processo muito instável. Esta instabilidade pode além de estar relacionada com o critério de inspeção das lentes, uma vez que estas são inspecionadas por diferentes operadores e o critério não está claro, estar também relacionada com os próprios parâmetros do processo de injeção (temperatura, pressão, entre outros) e a qualidade da matéria-prima.

4.2.3.3.4. *Improve*

Na fase *Improve* (Figura 4.73), é necessário definir quais as melhorias e alterações necessárias no processo para que a sua performance melhore e exista redução da variabilidade.

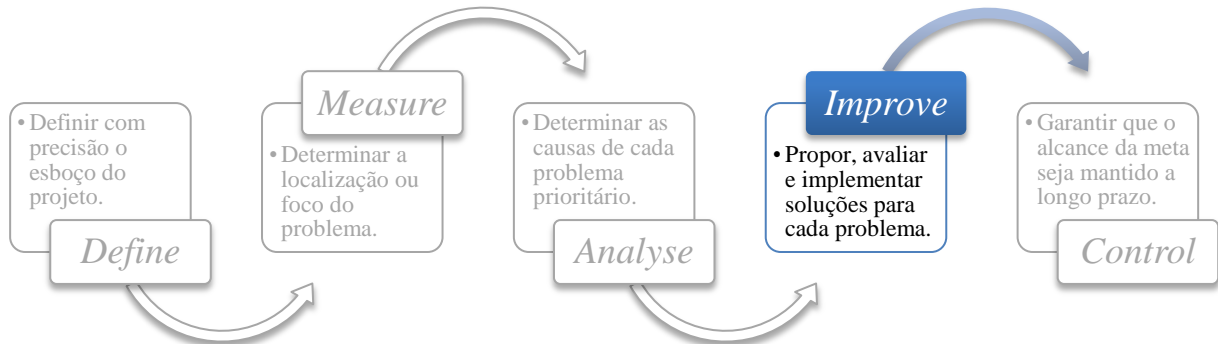


Figura 4.73 – Fase *Improve*

Para obter uma melhoria no processo são várias as soluções que foram identificadas que poderão ser desenvolvidas a curto prazo:

- Definir o critério de rejeição das lentes e dar formação aos operadores sobre o mesmo de forma a diminuir o número de falsos rejeitos e a melhorar o sistema de medição. Introdução de cartaz informativo (Figura 4.74) na bancada de inspeção de alguns dos defeitos mais comuns e das zonas onde podem surgir;

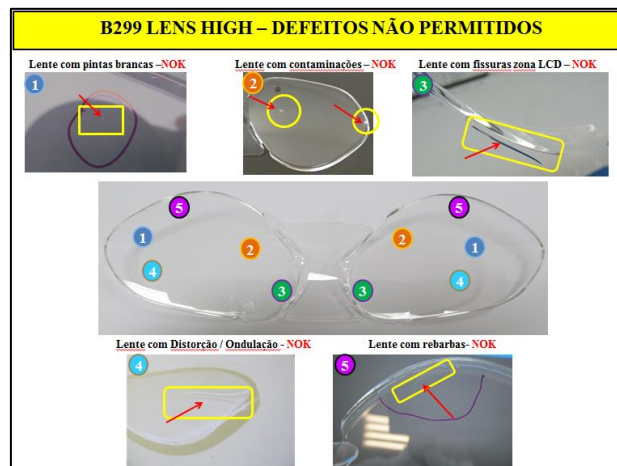


Figura 4.74 – Cartaz informativo dos tipos de defeito mais comuns nas lentes do B299 High

- A curto prazo, melhoria do acondicionamento da matéria-prima, do seu abastecimento e da alimentação da mesma na máquina;
- Remover o balde de *pvc* preto e colocar um balde de inox para o abastecimento manual;
- Introduzir uma tampa de inox na octobine (Figura 4.75) como uma entrada para mangueira de alimentação de forma a reduzir a contaminação com cartão;

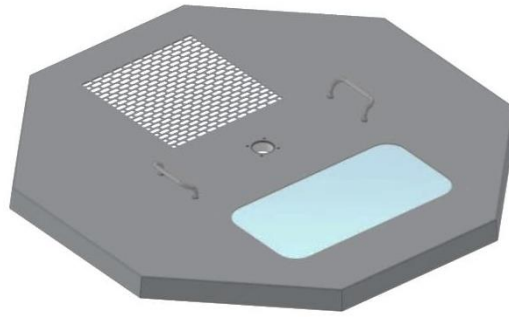


Figura 4.75 – Desenho CAD para a tampa da octobine

- Controlo da qualidade da matéria-prima (verificação se as características da matéria prima estão corretas, testar se existem diferenças significativas nas características da mesma entre lotes e entre paletes de forma a verificar se o comportamento desta pode influenciar o processo de injeção e os seus parâmetros);
- Implementar um sistema de manutenção das mangueiras de abastecimento da matéria-prima, bem como de limpeza do filtro e do próprio molde.

A longo prazo, implementação de um sistema de abastecimento de matéria-prima central com tubos de vidro para o PMMA bem como um despoierador para retirar pó e partículas que o material tem, evitando o manuseamento do material e a entrada de octobines de cartão e paletes na nave fabril. Da mesma forma, é necessário continuar a reduzir a percentagem de *scrap* e aumentar o OEE do processo em questão.

4.2.3.3.5. *Control*

Por último, na fase *Control* (Figura 4.76) tem como âmbito garantir que as melhorias implementadas no sistema se mantêm a longo prazo.

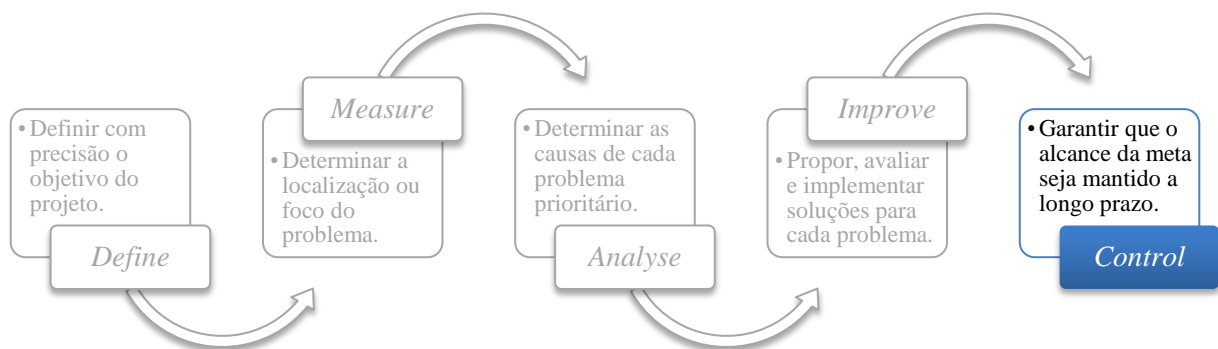


Figura 4.76 – Fase *Control*

Para tal, as cartas de controlo *p* devem continuar a ser elaboradas de forma a entender o comportamento da proporção de defeitos e procurar reduzir este valor cada vez mais.

O tipo de defeitos que surge no processo também deve continuar a ser analisado, de forma a perceber se as causas identificadas foram devidamente corrigidas e a incidência do defeito foi reduzida ou até mesmo deixou de existir. Por outro lado, este controlo também é importante para perceber se surge algum novo tipo de defeito.

4.3. *Discussão dos Resultados obtidos*

A caracterização do estado atual através da utilização do VSM (Fase I) permitiu a recolha de métricas relativas aos processos produtivos (OEE, FTT, % *scrap*, entre outros) e ao fluxo logístico de produção (tempos de transporte, tamanho lotes produção transportados) do *cluster* B299 *High*.

Com esses dados, foi possível identificar as oportunidades de melhoria na Fase II. Foram identificadas 3 oportunidades de melhoria:

- OM1.** Redução do tempo de transporte e do manuseamento dos materiais entre processos;
- OM2.** Agilização do processo do processo de armazenagem, recolha e abastecimento;
- OM3.** Redução da percentagem de *scrap* na Injeção de forma a melhorar a performance do processo e a reduzir custos.

Na OM1, foi aplicado o SLP e estudado um novo método de transporte dos materiais. Através do SLP, a configuração atual foi rearranjado foram apresentadas 3 novas propostas de configuração para a Área do Plásticos. Nas propostas de configuração o melhor resultado obtido foi para a Configuração Alternativa 1, onde se obteve um RDS de 1185 metros em comparação com os 1927 metros da configuração existente, e um *R-Score* de 0,81 comparado com 0,64. Para o novo sistema de transporte, *Pally's Project*, existiu uma redução no tempo de ciclo transporte em cerca de 4 minutos por ciclo (o ciclo atual é de 10 minutos e o ciclo com o novo sistema *pally* seria de 6 minutos). Estas propostas não foram implementadas uma vez que teriam um elevado custo associado.

Para a OM2, foram definidos dois armazéns distintos (Armazém da Parede e Armazém *PreAssembly*, ambos com *U-flow*), aos quais foram atribuídos 2 abastecedores distintos aos quais foram definidas as responsabilidades individualmente e analisados os produtos neles armazenados a nível do número de movimentos (análise ABC). Posteriormente, foi implementado um sistema de *order picking*. Através da análise ABC, é possível identificar que para o cenário 2, os produtos com maior número de movimentos no Armazém da Parede são MFD *Lens* B (molde 130) e X98 *Lens* (Molde 106) e no Armazém do *PreAssembly* são B460 *Mask* L2 (molde 135) e X98 *Inner Mask* (molde 108). A estes produtos foram atribuídas localizações mais próximas do *PreAssembly* para que sejam mais rapidamente transportadas. As localizações atribuídas a cada um dos produtos foram

localizações fixas, para que os abastecedores conseguissem facilmente decorar cada uma delas. O sistema de *order picking* implementado é um sistema de *picking* manual com o método de *picking* discreto e as *pick lits* serão geradas de hora a hora. Para a implementação deste sistema foi necessário a implementação do WARE para informatizar a informação e os armazéns.

Na OM3, o processo produtivo escolhido para a aplicação do modelo DMAIC foi processo de injeção das lentes do B299 *High* que era caracterizado por tinha 43,6% de *scrap* e um OEE de 44%, O catálogo de defeitos permitiu enumerar todos os defeitos que apareciam no processo e as zonas da lente onde tinham maior incidência e partindo dele, foi possível identificar potenciais causas e quais as atitudes a tomar para as corrigir. O defeito que mais vezes é identificado como causa de rejeição da lente é o defeito “Pintas Brancas” e por esse motivo foi o defeito escolhido para a aplicação do diagrama de *Ishikawa*. As cartas de controlo *p*, permitiram concluir que o processo tem um comportamento muito instável, devido aos inúmeros fatores que o podem influenciar (como os parâmetros de injeção) e por esse motivo torna-se complicado a implementação de medidas que sejam 100% eficazes na redução de *scrap*.

Após a implementação do DMAIC atingiu-se 22% de *scrap* e um OEE de 60,5%, o objetivo definido no Project Charter (redução em 25 % da percentagem de *scrap*) foi atingido.

Os resultados obtidos através as OM's identificadas encontram-se resumidos na Tabela 4.23.

Tabela 4.23 – Comparação entre o sistema existente e as soluções propostas

Oportunidade de Melhoria (OM)	Sistema existente	Solução Proposta
OM1 Redução do tempo de transporte e do manuseamento dos materiais entre processos;	Adjacência = 0,55 RDS = 1927 metros <i>R-Score</i> = 0,64 Tempo de ciclo de transporte = 10 minutos	Adjacência = 0,93 RDS = 1185 metros <i>R-Score</i> da configuração alternativa 1 = 0,81 Tempo de ciclo de transporte com <i>pallys</i> = 6 minutos
OM2 Agilização do processo do processo de armazenagem, recolha e abastecimento;	Armazéns sem equipamentos Não existe divisão entre tipo de produtos	Implementação de <i>racks</i> Implementação de <i>order picking</i>
OM3 Redução da percentagem de <i>scrap</i> na Injeção de forma a melhorar a performance do processo e a reduzir custos.	Percentagem de <i>scrap</i> = 43,6% OEE = 44 %	Aplicação de DMAIC: Percentagem de <i>scrap</i> = 22% OEE = 60,5%

5. CONCLUSÕES DO ESTUDO E COMENTÁRIOS FINAIS

A integração das metodologias de melhoria contínua *Lean* e Seis Sigma permite a utilização de diferentes ferramentas e metodologias específicas de cada uma num só modelo. Esta combinação torna-se vantajosa para a organização uma vez que se alia a redução de desperdícios com a redução da variabilidade do processo, permitindo obter resultados positivos em ambos os sentidos. Além da combinação de *Lean* e Seis Sigma, a integração de melhorias a nível do sistema logístico de produção mostrou-se igualmente benéfica uma vez que permitiu efetuar alterações não só a nível produtivo mas também a nível logístico e de armazenagem.

No que diz respeito ao *Lean*, a utilização do VSM como ferramenta tornou-se vantajosa uma vez que permitiu uma visão global do processo de produção e identificar as oportunidades de melhoria facilmente. A análise das métricas de produção, como o FTT e o OEE, permitiram definir qual o processo de produção mais crítico e onde existia maior desperdício a nível de tempos de transporte de materiais.

O SLP e o sistema de *pallys* revelaram-se eficazes na redução do tempo de transporte dos materiais; no entanto, são propostas que têm por regra associados custos de implementação elevados, sendo particularmente relevante que a configuração de uma instalação seja inicialmente bem concebida.

No que diz respeito definição de armazéns e implementação do *order picking*, permitiu um maior nível de organização a nível interno e consequentemente uma maior rapidez de resposta aos pedidos de abastecimento. Não foi possível definir uma rota de *picking* padrão porque a produção no *PreAssembly* não é igual ao longo dos dias, existem linhas que podem produzir diferentes produtos e estão dependentes da programação existente.

Por outro lado, a aplicação do DMAIC (Seis Sigma) permitiu superar os objetivos estabelecidos inicialmente no *Project Charter*. A análise de defeitos efetuada permitiu encontrar as causas e efeitos de cada um, e tomar atitudes que levassem à sua eliminação ou minimização.

Com base no trabalho desenvolvido e nos resultados obtido na presente dissertação, sugere-se para trabalhos futuros:

- Uma vez que o processo de injeção se revelou muito instável, a aplicação de Desenho de Experiências (DOE) não só ao nível dos parâmetros de injeção (temperatura, pressão, tempos) mas também para a matéria-prima que entra no processo (estudo do *Melt Flow Index* para a matéria-prima, para diferentes zonas do mesmo saco, entre

sacos do mesmo lote e entre lotes). Posteriormente deveriam ainda ser desenvolvidos esforços para eliminar as inspeções visuais nos produtos de injeção, uma vez que este tipo de inspeção tem associado um elevado nível de incerteza e pouca concordância;

- Seria igualmente interessante o desenvolvimento de um modelo de simulação que permitisse efetuar as propostas sugeridas *off-line*, de forma a melhor avaliar previamente potenciais resultados conjuntos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A, R., Subramanya, K. N., & Rangaswamy, T. M. (2012). Impact of Warehouse Management System in a Supply Chain. *Internacional Journal of Computer Applications*, Vol.54, pp. 14-20.
- Alonso-Ayuso, A., Tirado, G., & Udías, Á. (2013). On a selection and scheduling problem in automatic storage and retrieval warehouses. *International Journal of Production Research*, Vol.51(17), pp. 5337-5353. doi:10.1080/00207543.2013.813984
- Basile, F., Chiacchio, P., & Del Grosso, D. (2012). A control oriented model for manual-pick warehouses. *Control Engineering Practice*, Vol.20, pp. 1426–1437. doi:10.1016/j.conengprac.2012.08.008
- Bevilacqua, M., Ciarapica, F., & Giacchetta, G. (2008). Spare parts inventory control for the maintenance of productive plants. pp. 1380-1384. doi:10.1109/IEEM.2008.4738096
- Bidgoli, H. (2010). *The Handbook of Technology Management: Supply Chain Management, Marketing and Advertising, and Global Management* (Vol. 2). New Jersey, Canada: Wiley.
- Brook, Q. (2010). *Lean Six Sigma and Minitab: The Complete Toolbox Guide for All Lean Six Sigma Practitioners (3th edition)*. Opex Resources Ltd.
- Cefamol. (2011). Cefamol - Principais processos de transformação. *Associação Nacional de Industria de Moldes*.
- Chan, F. T., & Chan, H. (2011). Improving the productivity of order picking of a manual-pick and multi-level rack distribution warehouse through the implementation of class-based storage. *Expert Systems with Applications*, Vol.38(3), pp. 2686–2700. doi:10.1016/j.eswa.2010.08.058
- Chiarini, A. (2013). *Lean Organization: from the Tools of the Toyota Production System to Lean Office*. Bologna, Italia: Springer-Verlag. doi:10.1007/978-88-470-2510-3
- Chou, Y.-C., Lu, C.-H., & Tang, Y.-Y. (2012). Identifying inventory problems in the aerospace industry using the theory of constraints. *International Journal of Production Research*, Vol.50(16), pp. 4686-4698. doi:10.1080/00207543.2011.631598
- De Carlo, F., Arleo, M., Borgia, O., & Tucci, M. (2013). Layout Design for a Low Capacity Manufacturing Line: A Case Study. *International Journal of Engineering Business Management*, Vol.5, pp. 1-10. doi:10.5772/56883

- De Koster, R. B., Le-Duc, T., & Zaerpou, N. (2012). Determining the number of zones in a pick-and-sort order picking system. *International Journal of Production Research*, Vol.50(3), pp. 757-771. doi:10.1080/00207543.2010.543941
- De Koster, R., & Le-Duc, T. &. (2007). Design and control of warehouse order picking: A literature review. *European Journal of Operational Research*, Vol.182(2), pp. 481-501. doi:10.1016/j.ejor.2006.07.009
- Dettmer, H. W. (1997). *Goldratt's Theory of Constraints: A System Approach To Continuous Improvement*. United States of America: ASQ Quality Press.
- Dettmer, W. (2006). *Logical Thinking: The Categories of Legitimate Reservation*. United States of America: Goal Systems International.
- Frazelle, E. (2002). *World-class warehousing and material handling*. New York: McGraw-Hill.
- Fu, K.-E., Chen, W.-Z., Hung, L.-C., & Peng, S. (2012). An ABC Analysis Model for the Multiple Products Inventory Control - A Case Study of Company X. *Proceedings of the Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference 2012*, (pp. 495-503).
- Garrett, D. F., & Lee, J. (2010). Lean Construction Submittal Process—A Case Study. *Quality Engineering*, Vol.23(1), p. 84-93. doi:10.1080/08982112.2010.495100
- Gjeldum, N., Veza, I., & Bilic, B. (2011). Simulation of production process reorganized with value stream mapping. *Tecnical Gazette*, Vol.18(3), pp. 341-347.
- Goldsby, T., & Martichenko, R. (2005). *Lean Six Sigma Logistics - Strategic Development to Operational Success*. Boca Raton, Florida: J. Ross Publishing.
- Gordon, M. (2010). *Total Quality Process Control for Injection Molding*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. .
- Guimarães, M., Baêta, F., Tibiriçá, A., Tinôco, I., & Menegali, I. (2008). Metodologia para análise de projeto de sistemas intensivos de bovinos de corte com utilização do SLP (Systematic Layout Planning). *Engenharia na Agricultura*, Vol.16(3), pp. 285-298.
- Guimarães, R., & Cabral, J. (2007). *Estatística*. Lisboa, Portugal: McGraw-Hill.
- Hale, T., Huq, F., & Hipkin, I. (2012). An improved facility layout construction method. *Internacional Journal of Production Research*, Vol.50(15), pp. 4271-7278. doi:10.1080/00207543.2011.611541

- Hambleton, L. (2008). *Treasure Chest of Six Sigma Growth Methods, Tools, and Best Practices* . United States of America: Pearson Education, Inc. .
- Harper, C. A. (2006). *Handbook of Plastic Processes*. New Jersey : Wiley - Interscience.
- Henn, S., Koch, S., & Wäscher, G. (2011). Order Batching in Order Picking Warehouses: A Survey of Solutions Approaches. *Otto-von-Guericke University Magdeburg, Faculty of Economics and Management*, pp. 1-29.
- Katz, J. (2010). Facilities & Operations - Value Propositions. *Industry Week*, pp. 20-22.
- Khalid, N. K., Hashim, A. Y., & Salleh, M. R. (2014). On Value Stream Mapping and Its Industrial Significance. *Journal of Industrial and Intelligent Information*, Vol.2, pp. 88-90.
- Khandekar, A., & Sulakhe, V. (2014). Six Sigma - The Revival of TQM. *Internacional Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, Vol.3, pp. 50-58.
- Kwak, Y. H., & Anbari, F. T. (2006). Benefits, obstacles, and future of six sigma approach. *Elsevier*, Vol.26(5-6), pp. 708-715. doi:10.1016/j.technovation.2004.10.003
- Laguna, M., & Marklund, J. (2013). *Business process modeling, simulation and design*. Boca Raton: CRC Press - Taylor & Francis Group.
- Lanza, G., Stolla, J., Strickera, N., Petersa, S., & Lorenza, C. (2013). Measuring Global Production Effectiveness. *Forty Sixth CIRP Conference on Manufacturing Systems 2013*, Vol.7, pp. 31-36. doi:10.1016/j.procir.2013.05.006
- Lisboa, J., Augusto, M., & Ferreira, P. (2012). *Estatística Aplicada à Gestão*. Porto, Portugal: Vida Económica.
- Lyu, J. J., & Chen, M. (2010). Measurement of bivariate attributes using a novel statistical model. *Journal of Applied Statistics*, Vol.37(8), pp. 1319-1334. doi:1080/02664760903030221
- Marques, P. A. (2011). *Módulo 2 - Seis Sigma*. Oeiras: Instituto de Soldadura e Qualidade.
- Mazini, R., Regattieri, A., Pham, H., & Ferrari, E. (2010). *Maintenance for Industrial Systems*. Berlin, German: Springer.
- Mehrjerdi, Y. Z. (2011). Six-Sigma: methodology, tools and its future. *Assembly Automation*, Vol. 31, Vol.31(1), pp. 79-88. doi:10.1108/01445151111104209

- Melton, T. (2005). The Benefits of Lean Manufacturing - What Lean Thinking has to Offer the Process Industries. *Institution of Chemical Engineers*, 83(A6), pp. 662-673. doi:10.1205/cherd.04351
- Min, H. (2007). The applications of warehouse management systems: an exploratory study. *International Journal of Logistics Research and Applications: A Leading Journal of Supply Chain Management*, Vol.9(2), pp. 111-126. doi:10.1080/13675560600661870
- Minitab. (2013). *Getting Started with Minitab 17*. United States of America: Minitab Inc.
- Moita, N. (2007). *Implementação do método Taguchi e análise de experiências na fase de testes de moldes para injeção de plásticos*. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico. Obtido de https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395137468486/Tese_NunoMoitaN%C2%BA45753.pdf
- Monczka, R. M., Handfield, R. B., Giunipero, L. C., & Patterson, J. L. (2009). *Purchasing and Supply Chain Management*. USA: South-Western.
- Monteiro, R., Lelis, E., & Rodrigues, Ê. (2010). Logística e Produção: Impacto dos Estoques na Velocidade de Processo de Manufatura. *VII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia (SEGeT)*. Rensende, Brasil.
- Montgomery, D. C. (2009). *Introduction to Statical Quality Control, Sixth Edition*. United States of America : Wiley.
- Moura, E. (2010). The Need to Integrate TOC, Lean, Six Sigma and Management by Processes. *Theory Of Contrains Internacional Certification Organization Conference*.
- MSA, W. G. (2010). *Measurements System Analysis*. Chrysler Group LLC, Ford Motor Company and General Motors Corporation.
- Nicholson, D., & Schmorrow, D. (2013). *Advances in Design of Cross-Cultural Activities - Part II*. Boca Raton, United States of America: CRC Press - Taylor & Francis Group.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System – beyond large-scale production*. Cambridge: MA: Productivity Press.
- Okimura, L., & Souza, F. (2012). Análise dos modelos de integração das abordagens Teoria das Restrições, Produção Enxuta e Seis Sigma: Um estudo teórico. *VIII Congresso Nacional de Excelência em Gestão*, pp. 1-23.

- Pacheco, D. (2014). Teoria das Restrições, Lean Manufacturing e Seis Sigma: limites e possibilidades de integração. *Production*, pp. 940-956.
- Palevich, R. (2012). *The Lean Sustainable Supply Chain*. New Jersey: Pearson Education, Inc.
- Pereira, Z. L., & Requeijo, J. F. (2008). *Qualidade: Planeamento e Controlo Estatístico de Processos*. Lisboa: Prefácio .
- Pinto, L. (2012). Aplicação Lean Seis Sigma (LSS) à Gestão de Projetos. *Dissertação de Mestrado, MIEGI*. Monte da Caparica: Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Obtido de <http://run.unl.pt/handle/10362/8760>
- Pirasteh, R., & Farah, K. (2006). Continuous Improvement Trio : The Top Element of TOC, Lean, and Six Sigma Make Music Together. *APICS Magazine*, Vol.16(5), pp. 31-33.
- Pocinho, G. (2013). Análise e melhoria do processo de order-picking num sistema produtivo: caso de estudo. *Dissertação de Mestrado, MIEGI*. Monte da Caparica: Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Obtido de <http://run.unl.pt/handle/10362/11038>
- Pyzdek, T. (2003). *The Six Sigma Handbook*. USA: The McGraw-Hill Companies.
- Rahani, A. R., & al-Ashraf, M. (2012). Production Flow through Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process Case Study. *Procedia Engineering*, Vol.41, pp. 1727-1734. doi:10.1016/j.proeng.2012.07.375
- Ramos, M. (2010). Sincronização da Cadeia de Valor através da Integração da Teoria das Restrições e Produção Lean. *Dissertação de Mestrado - MIEGI*. Monte da Caparica: Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Obtido de <http://run.unl.pt/handle/10362/10021>
- Rathje, M. S., Boyle, T. A., & Deflorin, P. (2008). Lean, take two! Reflections from the second attempt at lean implementation. *Business Horizons*, Vol.52, pp. 79-88. doi:10.1016/j.bushor.2008.08.004
- Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. (2010). *The Handbook of Logistics & Distribution Management*. London: Kogan Page.
- Samaranayake, P., Laosirihongthong, T., & Chan, F. T. (2011). Integration of manufacturing and distribution networks in a global car company – network models and numerical simulation. *International Journal of Production Research*, Vol.49(11), pp. 3127-3149. doi:10.1080/00207541003643164

- Scott, C., Lundgren, H., & Thompson, P. (2011). *Guide to Supply Chain Management*. United Kingdom: Springer.
- Snee, R. (2010). Lean Six Sigma – getting better all the time. *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol.1(1), pp. 9-29.
- Sproull, B. (2009). *The Ultimate Improvement Cycle: Maximizing Profits through the Integration of Lean, Six Sigma and the Theory of Constraints*. Boca Raton: Taylor & Francis Group.
- Staats, B. R., Brunner, D. J., & Upton, D. M. (2010). Lean principles, learning, and knowledge work: Evidence from a software services provider. *Journal of Operations Management*, pp. 1-39.
- Štefanić, N., Gjeldim, N., & Mikac, T. (2010). Lean Concept Application in Production Business. *Technical Gazette*, Vol.17(3), pp. 353-356.
- Steth, P., Deshpande, V., & Kardani, H. (2014). Value Stream Mapping: A case study of Automotive Industry. *Internacional Journal of Research in Enginnering and Techonology*, pp. 310-314.
- Tabanli, R. M., & Ertay, T. (2012). Value Stream Mapping and Benefit-cost analysis application for value visibility of a pilot project on RFID investment integrated to a manual production control system – a case study. *Springer*, Vol.66(5-8), pp. 987-1002. doi:10.1007/s00170-012-4383-x
- Tanco, M., Santos, J., Rodriguez, J. L., & Reich, J. (2013). Applying lean techniques to nougat fabrication: a seasonal case study. *Int J Adv Manuf Technol*, Vol.68(5-8), pp. 1639-1654. doi:10.1007/s00170-013-4960-7
- Taylor, D. (2005). *Logística na cadeia de suprimentos*. São Paulo: Pearson.
- Tenera, A. (2006). Contribuição para a Melhoria da Gestão da Incerteza na Duração dos Projectos através da Teoria das Restrições. *Tese de Doutoramento*. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia.
- Thun, J.-H., Drüke, M., & Grübner, A. (2010). Empowering Kanban through TPS-principles – an empirical analysis of the Toyota Production System. *International Journal of Production Research*, Vol.48(23), pp. 7089-7106. doi:10.1080/00207540903436695
- Tompkins, J., White, J. A., & Bozer, Y. A. (2003). *Facilities planning (3rd ed.)*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons Inc.
- Tortorella, G., & Fogliatto, F. (2008). Planejamento sistemático de layout com apoio de análise de decisão multicritério. *Produção*, pp. 609-624.

- USAID, D. P. (2011). *The Logistics Handbook - A Practical Guide for the Supply Chain Management of Health Commodities*. Arlington.
- Wang, C., Quesada-Pineda, H., Kline, D. E., & Buehlmann, U. (2011). Using Value Stream Mapping to Analyse an Upholstery Furniture Engineering Process. *Forest Products Journal*, Vol.61(5), pp. 411-421. doi:10.13073/0015-7473-61.5.411
- Wilson, L. (2010). *How to implement Lean Manufacturing*. The McGraw-Hill Companies.
- Wiyaratn, W., & Watanapa, A. (2014). Study on Basket Document Factory Plant Layout for Proficient Production. *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists*, pp. 953-956.
- Woeppel, M. (2009). *How to Double Your Bottom Line with TLS*. Obtido em 14 de julho de 2014, de Pinnacle Strategies: <http://pinnacle-strategies.com/wp-content/uploads/2012/10/TLS-Whitepaper-final.pdf>
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. New York: Simon & Schuster.
- Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (1990). *The machine that changed the world*. New York: Macmillan.
- Yang, T., Su, C.-T., & Hsu, Y.-R. (2000). Systematic layout planning: a study on semiconductor wafer fabrication facilities. *Internacional Journal of Operations Production Management*, Vol.20(11), pp. 1359-1371. doi:10.1108/01443570010348299
- Zaerpoura, N., Kostera, R., & Yub, Y. (2013). Storage policies and optimal shape of a storage system. *International Journal of Production Research*, Vol.51(23-24), 6891–6899. doi:10.1080/00207543.2013.774502

A.I. Simbologia utilizada no VSM

A Figura A.I.1 encontra-se ilustrada a simbologia utilizada na elaboração de um VSM.

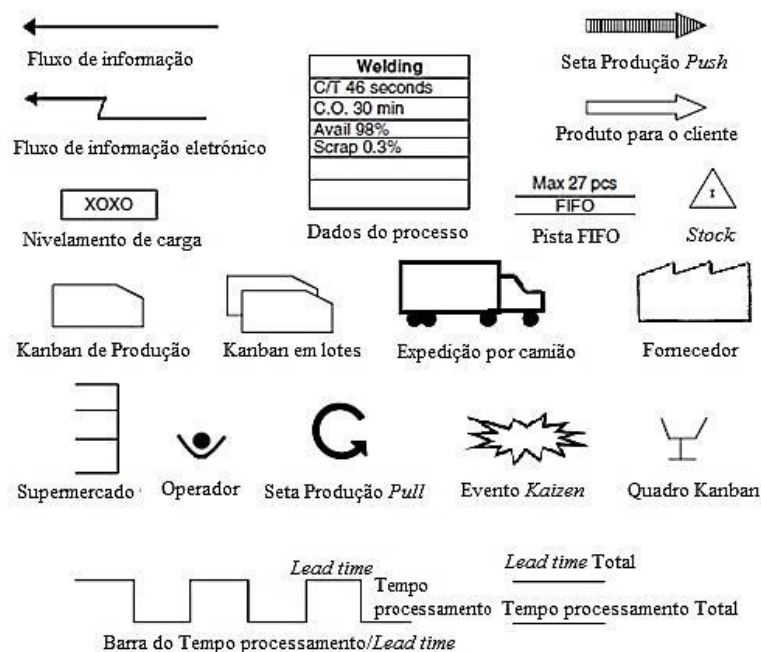


Figura A.I.1 – Simbologia utilizada num Value Stream Mapping

[Adaptado de: Wilson (2010): p.129) e Štefanić, Gjeldim, & Mikac (2010): p.355]

A.II Níveis Sigma para processos com comportamento normal

Na Tabela A.II.1 encontram-se os níveis sigma para processo com comportamento normal.

Tabela A.II.1 – Níveis Sigma para processo com comportamento normal

Curto-Prazo				Longo-Prazo		
Nível Sigma	DPMO	% Defeitos	Taxa de Rendimento	DPMO	% Defeitos	Taxa de Rendimento
1	158655,3	15,9%	84,1%	691462,5	69,1%	30,9%
1,5	66807,2	6,7%	93,3%	500000,0	50,0%	50,0%
2	22750,1	2,28%	97,7%	308537,5	30,9%	69,1%
2,5	6209,7	0,621%	99,4%	158655,3	15,9%	84,1%
3	1349,9	0,135%	99,9%	66807,2	6,7%	93,3%
3,5	232,6	0,023%	99,98%	22750,1	2,28%	97,72%
4	31,7	0,0032%	99,997%	6209,7	0,621%	99,379%
4,5	3,4	0,00034%	99,99966%	1349,9	0,135%	99,865%
5	0,29	0,00003%	99,999971%	232,6	0,023%	99,977%
5,5	0,019	0,000002%	99,9999981%	31,7	0,0032%	99,9968%
6	0,00099	0,0000001%	99,9999999%	3,4	0,00034%	99,99966%

A.III. Configuração da Instalação da Visteon Palmela

A Figura A.III.1 encontra-se ilustrada configuração atual da instalação da Visteon Palmela.



Figura A.III.1 – Configuração da instalação da Visteon Palmela

A.IV. Dados para elaboração do VSM

A Tabela A.IV.1 contem os dados do processo de Injeção para a elaboração do VSM.

Tabela A.IV.1 – Dados do processo de Injeção

Data	Processo de Injeção	Molde	Tamanho lote	Schedule	Produção	Scrap	Scrap (%)	Produção efetiva	Produtividade (%)	Nº Caixas / dia
15/01/2014	<i>Inner Benzel</i>	90.1	24	1950	1488	10	1	1478	76	61
	<i>Mask High</i>	93	12	2520	2268	754	33	1514	60	126
	<i>Lens High</i>	94.1	12	530	708	146	21	562	106	46
	<i>Back Cover</i>	95	78	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Mounting Plate</i>	96	46	3024	2114	286	14	1828	60	39
16/01/2014	<i>Inner Benzel</i>	90.1	24	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Mask High</i>	93	12	2520	2292	276	12	2016	80	168
	<i>Lens High</i>	94.1	12	1400	1034	314	30	720	51	60
	<i>Back Cover</i>	95	78	1080	1468	0	0	1468	136	18
	<i>Mounting Plate</i>	96	46	3024	2974	62	2	3686	122	80
17/01/2014	<i>Inner Benzel</i>	90.1	24	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Mask High</i>	93	12	2520	2942	124	4	2818	112	234
	<i>Lens High</i>	94.1	12	2800	2146	912	42	1234	44	102
	<i>Back Cover</i>	95	78	3030	3008	0	0	3008	99	38
	<i>Mounting Plate</i>	96	46	3024	3468	288	8	3180	105	69
18/01/2014	<i>Inner Benzel</i>	90.1	24	1080	2158	262	12	696	64	29
	<i>Mask High</i>	93	12	1740	1292	15	1	585	34	48
	<i>Lens High</i>	94.1	12	2800	2184	1460	67	796	28	66
	<i>Back Cover</i>	95	78	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Mounting Plate</i>	96	46	3000	3770	560	15	3196	107	69
19/01/2014	<i>Inner Benzel</i>	90.1	24	3000	2552	96	4	2456	82	102
	<i>Mask High</i>	93	12	2520	2468	396	16	2072	82	172
	<i>Lens High</i>	94.1	12	1900	2371	1267	53	1104	58	92
	<i>Back Cover</i>	95	78	1850	1438	6	0	1432	77	18
	<i>Mounting Plate</i>	96	46	2980	2960	199	7	2761	93	60
20/01/2014	<i>Inner Benzel</i>	90.1	24		648	14	2	648	100	27
	<i>Mask High</i>	93	12	720	550	22	4	528	73	44
	<i>Lens High</i>	94.1	12	2800	4312	1202	28	3110	111	259
	<i>Back Cover</i>	95	78	3030	2964	0	0	2964	98	38
	<i>Mounting Plate</i>	96	46	3024	1922	828	43	1094	36	23
21/01/2014	<i>Inner Benzel</i>	90.1	24	3024	4142	40	1	3736	124	155
	<i>Mask High</i>	93	12	1620	2030	74	4	1858	115	154
	<i>Lens High</i>	94.1	12	2800	2190	918	42	1070	38	89
	<i>Back Cover</i>	95	78	3030	1720	60	3	1434	47	18
	<i>Mounting Plate</i>	96	46	0	0	0	0	0	0	0
22/01/2014	<i>Inner Benzel</i>	90.1	24	580	1426	10	1	1008	174	42
	<i>Mask High</i>	93	12	2520	2766	294	11	2472	98	206
	<i>Lens High</i>	94.1	12	2800	2272	900	40	1372	49	114
	<i>Back Cover</i>	95	78	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Mounting Plate</i>	96	46	0	0	0	0	0	0	0

Tabela A.IV.1 – Dados do processo de Injeção (Continuação)

Data	Processo de Injeção	Molde	Tamanho lote	Schedule	Produção	Scrap	Scrap (%)	Produção efetiva	Produtividade (%)	Nº Caixas / dia
23/01/2014	<i>Inner Benzel</i>	90.1	24	1950	3106	10	0	3096	159	129
	<i>Mask High</i>	93	12	2520	3186	114	4	3072	122	256
	<i>Lens High</i>	94.1	12	3800	2874	1670	58	1204	32	100
	<i>Back Cover</i>	95	78	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Mounting Plate</i>	96	46	870	1203	460	38	743	85	16
24/01/2014	<i>Inner Benzel</i>	90.1	24	3030	2426	38	2	2388	79	99
	<i>Mask High</i>	93	12	480	562	10	2	552	115	46
	<i>Lens High</i>	94.1	12	2880	2912	706	24	2206	77	183
	<i>Back Cover</i>	95	78	3030	3494	13	0	3481	115	44
	<i>Mounting Plate</i>	96	46	3030	3342	122	4	3220	106	70
25/01/2014	<i>Inner Benzel</i>	90.1	24	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Mask High</i>	93	12	2527	2576	404	16	2172	86	181
	<i>Lens High</i>	94.1	12	2800	2195	869	40	1326	47	110
	<i>Back Cover</i>	95	78	1950	1799	5	0	1794	92	23
	<i>Mounting Plate</i>	96	46	3030	3506	68	2	3438	113	74
26/01/2014	<i>Inner Benzel</i>	90.1	24	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Mask High</i>	93	12	2520	2071	651	31	1420	56	118
	<i>Lens High</i>	94.1	12	2800	2485	1353	54	1132	40	94
	<i>Back Cover</i>	95	78	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Mounting Plate</i>	96	46	0	262	0	0	262	100	5
27/01/2014	<i>Inner Benzel</i>	90.1	24	2160	2400	4	0	2396	111	99
	<i>Mask High</i>	93	12	2640	2876	286	10	2590	98	215
	<i>Lens High</i>	94.1	12	2900	3718	1422	38	2296	79	191
	<i>Back Cover</i>	95	78	2960	2328	40	2	2288	77	29
	<i>Mounting Plate</i>	96	46	840	1752	188	11	1564	186	34
28/01/2014	<i>Inner Benzel</i>	90.1	24	3030	3986	18	0	3968	131	165
	<i>Mask High</i>	93	12	2520	3000	106	4	2894	115	241
	<i>Lens High</i>	94.1	12	2800	1866	1088	58	778	28	64
	<i>Back Cover</i>	95	78	3030	3618	2	0	3616	119	46
	<i>Mounting Plate</i>	96	46	870	1549	232	15	1317	151	28
29/01/2014	<i>Inner Benzel</i>	90.1	24	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Mask High</i>	93	12	2520	2185	115	5	2070	82	172
	<i>Lens High</i>	94.1	12	3800	4622	2312	50	2310	61	192
	<i>Back Cover</i>	95	78	1950	1576	8	1	1568	80	20
	<i>Mounting Plate</i>	96	46	0	0	0	0	0	0	0
30/01/2014	<i>Inner Benzel</i>	90.1	24	0	426	97	23	329	100	13
	<i>Mask High</i>	93	12	1320	986	114	12	872	66	72
	<i>Lens High</i>	94.1	12	2800	2492	908	36	1584	57	132
	<i>Back Cover</i>	95	78	3030	2736	6	0	2730	90	35
	<i>Mounting Plate</i>	96	46	3030	3831	72	2	3759	124	81
31/01/2014	<i>Inner Benzel</i>	90.1	24	0	1692	40	2	1652	100	68
	<i>Mask High</i>	93	12	2520	2568	370	14	2198	87	183
	<i>Lens High</i>	94.1	12	3700	4222	1988	47	2234	60	186
	<i>Back Cover</i>	95	78	3030	3714	2	0	3712	123	47
	<i>Mounting Plate</i>	96	46	3030	2459	12	0	2447	81	53

A Tabela A.IV.2 contem os dados do processo de *PreAssembly* para a elaboração do VSM.

Tabela A.IV.2 – Dados para processo de *PreAssembly*

Dia	Produção Total (peças)	Schedule	Total
15/01/2014	1540	2160	97
16/01/2014	1548	2160	107
17/01/2014	1632	2160	96
18/01/2014	1008	1440	59
19/01/2014	1056	2160	58
20/01/2014	1716	2160	101
21/01/2014	2352	2160	96
22/01/2014	2328	2160	201
23/01/2014	1716	2160	81
24/01/2014	2184	2160	93
25/01/2014	1920	2160	126
26/01/2014	0	0	0
27/01/2014	1764	2017	200
28/01/2014	2028	2304	61
29/01/2014	2256	2304	61
30/01/2014	1956	2448	146
31/01/2014	1524	2376	70
Total	28528	34489	1653

A.VI. Value Stream Mapping com eventos Kaizen

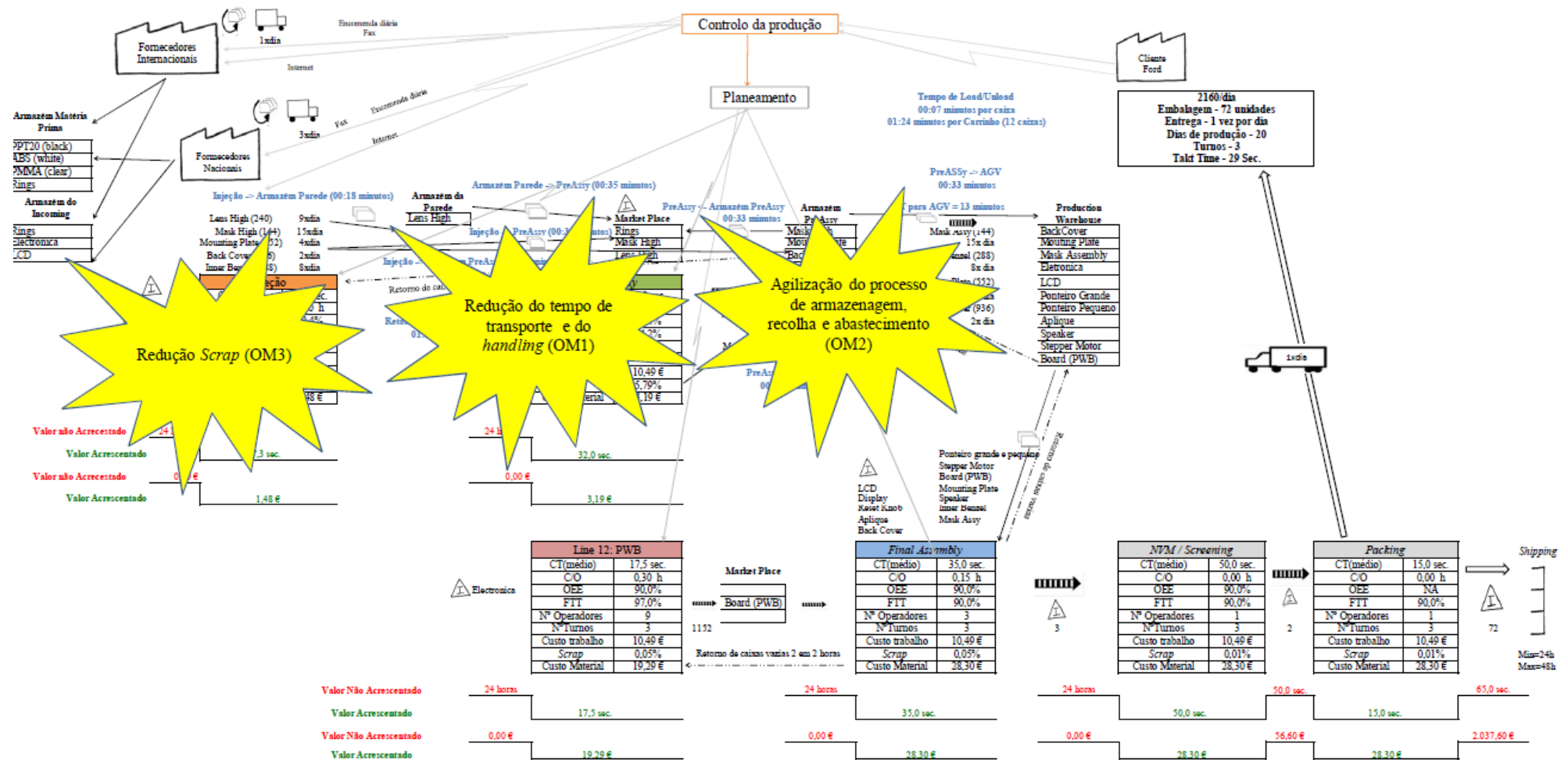


Figura A.VI.1 – VSM do processo de produção do *cluster* B299 High com eventos *Kaizen*

A.VII. Dados do SLP

Para a alternativa 1 os dados obtidos foram os seguintes (Tabela A.VII.1 e A.VII.2).

Tabela A.VII.1 – Distâncias para Alternativa 1 SLP

Nº	Zona	1	2	3	4	5	6	7	Nº	Zona	X	Y	Comprimento (m)	Largura (m)	Área (m²)
1	Armazém PreAssembly		19,5 2	59,7 1	59,3 7	66,7 1	88,9 2	26,0 2	1	Armazém PreAssembly	8,48	2,7 7	16,96	5,54	94
2	Rack Moldes			70,5 7	78,8 9	59,3 7	99,7 8	36,8 8	2	Rack Moldes	2,39	16, 2	4,77	15,09	72
3	Estação AGV				8,32	11,2	29,2 1	33,6 9	3	Estação AGV	63,86	7,1	7,06	3,12	22
4	PreAssembly					19,5 2	29,5 5	42,0 1	4	PreAssembly	67,85	2,7 7	101,78	5,54	564
5	Injeção						40,4 1	40,6 9	5	Injeção	61,76	16, 2	113,97	15,09	1720
6	Armazém Parede							62,9	6	Armazém Parede	93,07	7,1	51,35	3,12	160
7	Tool Room								7	Tool Room	30,17	7,1	60,33	3,12	188

Tabela A.VII.2 – Relação-distância para Alternativa 1 SLP

Nº	Zona	1	2	3	4	5	6	7
1	Armazém PreAssembly		0	0	118,74	133,42	0	0
2	Rack Moldes			0	0	59,37	0	36,88
3	Estação AGV				41,6	112	29,21	0
4	PreAssembly					19,52	147,75	42,01
5	Injeção						404,1	40,69
6	Armazém Parede							0
7	Tool Room							
Rel_Dist								1185,29

Para a alternativa 2 os dados obtidos foram os seguintes (Tabela A.VII.3 e A.VII.4).

Tabela A.VII.3 – Distâncias para Alternativa 2 SLP

Nº	Zona	1	2	3	4	5	6	7	Nº	Zona	X	Y	Comprimento (m)	Largura (m)	Área (m²)
1	Armazém PreAssembly		26, 54	24, 95	58, 32	50, 23	64, 1	9,7 1	1	Armazém PreAssembly	98,5 2	7,5	40,44	2,32	94
2	Rack Moldes			51, 49	84, 86	59, 37	90, 64	25, 49	2	Rack Moldes	116, 36	16, 2	4,77	15,09	72
3	Estação AGV				33, 37	25, 28	39, 15	34, 66	3	Estação AGV	73,5 7	7,5	9,47	2,32	22
4	PreAssembly					25, 49	14, 44	59, 37	4	PreAssembly	44,5 3	3,1 7	89,06	6,33	564
5	Injeção						31, 27	59, 94	5	Injeção	56,9 9	16, 2	113,97	15,09	1720
6	Armazém Parede							73, 81	6	Armazém Parede	34,4 2	7,5	68,84	2,32	160
7	Tool Room								7	Tool Room	103, 9	3,1 7	29,69	6,33	188

Tabela A.VII.4 – Relação-distância para Alternativa 2 SLP

Nº	Zona	1	2	3	4	5	6	7
1	Armazém <i>PreAssembly</i>		0	0	116,64	100,46	0	0
2	<i>Rack</i> Moldes			0	0	59,37	0	25,49
3	Estação AGV				166,85	252,8	39,15	0
4	<i>PreAssembly</i>					25,49	72,2	59,37
5	Injeção						312,7	59,94
6	Armazém Parede							0
7	<i>Tool Room</i>							
Rel_Dist								1290,46

Para a alternativa 3 os dados obtidos foram os seguintes (Tabela A.VII.5 e A.VII.6).

Tabela A.VII.5 – Distâncias para Alternativa 3 SLP

Nº	Zona	1	2	3	4	5	6	7
1	Armazém <i>PreAssembly</i>	122,7	64,96	49,78	64,19	7,64	103,97	
2	<i>Rack</i> Moldes		57,74	72,92	58,51	115,06	18,73	
3	Estação AGV			22,3	16,05	57,32	39,01	
4	<i>PreAssembly</i>				38,35	42,14	54,19	
5	Injeção					56,55	39,78	
6	Armazém Parede						96,33	
7	<i>Tool Room</i>							

Nº	Zona	X	Y	Comprimento (m)	Largura (m)	Área (m²)
1	Armazém <i>PreAssembly</i>	115,92	8,31	5,65	16,62	94
2	<i>Rack</i> Moldes	5,19	20,28	10,38	6,94	72
3	Estação AGV	59,37	16,72	118,74	0,19	23
4	<i>PreAssembly</i>	78,11	20,28	81,28	6,94	564
5	Injeção	51,73	8,31	103,46	16,62	1720
6	Armazém Parede	108,28	8,31	9,62	16,62	160
7	<i>Tool Room</i>	23,92	20,28	27,09	6,94	188

Tabela A.VII.6 – Relação-distância para Alternativa 3 SLP

Nº	Zona	1	2	3	4	5	6	7
1	Armazém <i>PreAssembly</i>		0	0	99,56	128,38	0	0
2	<i>Rack</i> Moldes			0	0	58,51	0	18,73
3	Estação AGV				111,5	160,5	57,32	0
4	<i>PreAssembly</i>					38,35	210,7	54,19
5	Injeção						565,5	39,78
6	Armazém Parede							0
7	<i>Tool Room</i>							
Rel_Dist								1543,02

A.VIII. Dados para Análise ABC – “Cenário 1 - Implementação 1ª rack”

Na Tabela A.VIII.1 encontra-se os dados para a realização da análise ABC para o Armazém da Parede (Implementação da 1ª rack).

Tabela A.VIII.1 – Dados para a Análise ABC para o Armazém da Parede – Cenário 1

Molde	Descrição	Nº Carrinhos (deslocações)	Frequência	Frequência acumulada	% Artigo	Artigos acumulados	Classe
94	B299/B232 Lens High	10	27,90%	27,90%	6,25%	6,25%	A
106 L	X98 Lens Left	5	14,23%	42,13%	6,25%	12,50%	B
106 R	X98 Lens Right	4	10,23%	52,37%	6,25%	18,75%	B
110 L	X98 Ring left	4	10,23%	62,60%	6,25%	25,00%	B
110 R	X98 Ring righth	4	10,23%	72,84%	6,25%	31,25%	B
111	X98 Ring center	4	10,23%	83,07%	6,25%	37,50%	B
59	CD3xx Lens	2	4,44%	87,51%	6,25%	43,75%	C
72	C520 Lens	1	3,92%	91,42%	6,25%	50,00%	C
114	T5 Lens	1	3,08%	94,50%	6,25%	56,25%	C
86	L405 Lens	1	2,17%	96,67%	6,25%	62,50%	C
79	V408 Lens L1 Minus	0	1,29%	97,96%	6,25%	68,75%	C
99	B2XX/V227 Lens L1	0	0,83%	98,79%	6,25%	75,00%	C
88	B299/B232 Lens Low	0	0,50%	99,29%	6,25%	81,25%	C
99	B2XX/V227 Lens L1	0	0,45%	99,74%	6,25%	87,50%	C
33	ST C346 Lens	0	0,22%	99,96%	6,25%	93,75%	C
101	B2XX/V227 Lens L2	0	0,04%	100,00%	6,25%	100,00%	C

Na Tabela A.VIII.2 encontra-se os dados para a realização da análise ABC para o Armazém do PreAssembly (Implementação da 1ª rack).

Tabela A.VIII.2 – Dados para a Análise ABC para rack do Armazém do PreAssembly – Cenário 1

Molde	Descrição	Nº Carrinhos (deslocações)	Frequência	Frequência acumulada	% Artigo	Artigos acumulados	Classe
93	B299 Mask High	17	37,82%	37,82%	5,26%	5,26%	A
108	X98 Inner Mask	12	26,36%	64,18%	5,26%	10,53%	A
77	V408 Mask L1	5	10,34%	74,53%	5,26%	15,79%	B
84	L405 Mask	2	5,30%	79,83%	5,26%	21,05%	B
105	X98 Housing	2	4,87%	84,70%	5,26%	26,32%	B
104	X87 Mask	2	4,12%	88,82%	5,26%	31,58%	B
83	L405 Backcover	2	3,54%	92,35%	5,26%	36,84%	B
60	CD3xx Mask	1	2,41%	94,76%	5,26%	42,11%	B
69	C520 Mask L1	1	1,63%	96,39%	5,26%	47,37%	B
38	CD Guide	1	1,27%	97,66%	5,26%	52,63%	B
80	V408 Mask L3	0	0,94%	98,60%	5,26%	57,89%	B

Tabela A.VIII. 2 – Dados para a Análise ABC para rack do Armazém do *PreAssembly* – Cenário 1 (continuação)

Molde	Descrição	Nº Carrinhos (deslocações)	Frequência	Frequência acumulada	% Artigo	Artigos acumulados	Classe
87	B299 Mask Low	0	0,67%	99,27%	5,26%	63,16%	B
116	X351 BackCover	0	0,46%	99,73%	5,26%	68,42%	B
47	Inverter Upper	0	0,12%	99,84%	5,26%	73,68%	B
98	B2xx/V227 Mask	0	0,07%	99,91%	5,26%	78,95%	B
34	ST C346 Mask	0	0,03%	99,95%	5,26%	84,21%	B
74	V408 Light Pipes	0	0,03%	99,98%	5,26%	89,47%	B
48	Inverter Lower	0	0,02%	100,00%	5,26%	94,74%	B
4	X202 - Service	0	0,00%	100,00%	5,26%	100,00%	B

A.IX. Dados para Análise ABC – “Cenário 2 - Implementação 2ª rack”

Na Tabela A.IX.1 encontra-se os dados para a realização da análise ABC para o Armazém da Parede (Implementação da 2ª rack).

Tabela A.IX.1 – Dados para a Análise ABC para o Armazém da Parede – Cenário 2

Molde	Descrição	Nº diário de Carrinhos (deslocações)	Frequência	Frequência acumulada	% Artigo	Artigos acumulados	Classe
130	MFD Lens B	16	27%	27%	4,55%	4,55%	A
106	X98 Lens	7	12%	39%	4,55%	9,09%	B
110	X98 Ring left/rigth	6	10%	49%	4,55%	13,64%	B
111	X98 Ring center	4	7%	56%	4,55%	18,18%	B
59	CD3xx Lens	4	7%	63%	4,55%	22,73%	B
72	C520 Lens	4	7%	69%	4,55%	27,27%	B
94	B299/B232 Lens High	4	7%	76%	4,55%	31,82%	B
86	L405 Lens	2	3%	80%	4,55%	36,36%	C
88	B299/B232 Lens Low)	2	3%	83%	4,55%	40,91%	C
101	B2XX/ V227 Lens L2	2	3%	86%	4,55%	45,45%	C
129	MFD Lens E	2	3%	90%	4,55%	50,00%	C
79	V408 Lens L1 Minus	1	2%	92%	4,55%	54,55%	C
114	T5 Lens	1	2%	93%	4,55%	59,09%	C
99	B2XX/ V227 Lens L1	1	2%	95%	4,55%	63,64%	C
33	ST C346 Lens	1	2%	97%	4,55%	68,18%	C
120	C307 Lens	1	2%	98%	4,55%	72,73%	C
53	X12K Lens	1	2%	100%	4,55%	77,27%	C
65	CD3xx Lens Service	0	0%	100%	4,55%	81,82%	C
119	C170 Lens	0	0%	100%	4,55%	86,36%	C
121	C307 Lens Low	0	0%	100%	4,55%	90,91%	C
122	X204 Lens	0	0%	100%	4,55%	95,45%	C
125	V184 Lens	0	0%	100%	4,55%	100,00%	C

Na Tabela A.IX.2 encontra-se os dados para a realização da análise ABC para o Armazém do *PreAssembly* (Implementação da 2ª rack).

Tabela A.IX.2 – Dados para a Análise ABC para o Armazém do *PreAssembly* – Cenário 2

Molde	Descrição	Nº diário de Carrinhos (deslocações)	Frequência	Frequência acumulada	% Artigo	Artigos acumulados	Classe
135	B460 Mask L2	16,7	16%	16%	4,8%	4,8%	A
108	X98 Inner Mask	16,7	16%	31%	4,8%	9,5%	A
77	V408 Mask L1	12,5	12%	43%	4,8%	14,3%	B
84	L405 Mask	10,4	10%	53%	4,8%	19,0%	B
83	L405 Backcover	7,5	7%	60%	4,8%	23,8%	B
87	B299/B232 Mask Low	6,3	6%	66%	4,8%	28,6%	C
104	X87 Mask	6,3	6%	71%	4,8%	33,3%	C
60	CD3xx Mask	4,2	4%	75%	4,8%	38,1%	C
93	B299/B232 Mask High	4,2	4%	79%	4,8%	42,9%	C
105	X98 Housing	4,2	4%	83%	4,8%	47,6%	C
134	B460 Mask L1	4,2	4%	87%	4,8%	52,4%	C
69	C520 Mask L1	3,3	3%	90%	4,8%	57,1%	C
38	CD Guide	2,5	2%	92%	4,8%	61,9%	C
80	V408 Mask L3	2,5	2%	95%	4,8%	66,7%	C
55	X12K Mask	1,7	2%	96%	4,8%	71,4%	C
98	Housing B2xx/V227	1,3	1%	98%	4,8%	76,2%	C
47	Inverter Upper	0,8	1%	98%	4,8%	81,0%	C
64	CD3xx Mask Service	0,8	1%	99%	4,8%	85,7%	C
34	ST C346 Mask	0,7	1%	100%	4,8%	90,5%	C
48	Inverter Lower	0,3	0%	100%	4,8%	95,2%	C
45	CD4 Mask	0,0	0%	100%	4,8%	100,0%	C

A.X. Configurações propostas para racks do Cenário 2

Na Figura A.X.1 encontra-se a configuração 1 sugerida para o Cenário 2.

Rack 1																															
134	134	134	134	134	134	134	105	105	105	105	105	105	105	93	93	93	93	93	93	93	60	60	60	60	60	60	60				
83	83	83	83	83	83	83	83	83	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84			
108	108	108	108	108	108	108	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	

Rack 2																															
					48	34	64	47	98	98	55	55	55	80	80	80	80	38	38	38	38	69	69	69	69	69	69				
77	77	77	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	83	83	83			
77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	

Figura A.X.1 – Configuração 1 para racks do Cenário 2

Na Figura A.X.2 encontra-se a configuração 2 sugerida para o Cenário 2.

Rack 1																												
84	84	84	84	84	77	77	77	77	77	77	108	108	108	108	108	108	108	108	108	135	135	135	135	135	135	135	135	
84	84	84	84	77	77	77	77	77	77	77	108	108	108	108	108	108	108	108	108	135	135	135	135	135	135	135	135	
84	84	84	84	77	77	77	77	77	77	77	108	108	108	108	108	108	108	108	135	135	135	135	135	135	135	135	135	

Rack 2																												
	48	47	55	80	80	38	69	69	134	105	105	105	93	93	60	104	104	104	87	87	87	87	83	83	83	83	84	
	34	98	55	80	38	38	69	134	134	105	105	93	93	93	60	60	104	104	104	87	87	87	83	83	83	83	84	
	64	98	55	80	38	69	69	134	134	105	105	93	93	60	60	60	104	104	104	87	87	87	83	83	83	83	84	84

Figura A.X.2 – Configuração 2 para racks do Cenário 2

A.XI. Dados order picking

Na Tabela A.XI.1 encontra-se os dados relativos às atividades realizadas durante a execução da *pick list*.

Tabela A.XI.1 – Atividades realizadas na *pick list*

	Atividade	Tempo	Deslocação	Procura	Pick	Setup	Outros
1	Imprimir <i>pick list</i> (1º Passo)	60				60	
2	Abrir 2º Passo	18				18	
3	Ler o N° da <i>Pick List</i>	20				20	
4	Deslocação desde a doca até <i>rack</i>	15	15				
5	Procurar 77	7		7			
6	Carregar 77 (6 CX)	40			40		
7	Procurar 83	7		7			
8	Carregar 83 (8 CX)	50			50		
9	Procurar 105	14		14			
10	Carregar 105 (1CX)	5			5		
11	Deslocação ate a doca	17	17				
12	Deslocação da doca ate a <i>rack</i>	10	10				
13	Procurar 108	3		3			
14	Carregar 108 (3CX)	30			30		
15	Deslocação ate a doca	10	10				
16	Continuação do 2º Passo (ler FIFOS e finalizar lista de <i>picking</i>)	145				145	
17	Iniciar 3 º Passo	45				45	
18	3º Passo (dar entrada dos FIFOS)	400				400	
19	Deslocação ate <i>PreAssembly</i> 83 e 77	12					
20	Descarregar - 83 (6CX) e 77 (6CX)	106					
21	Deslocação ate a doca	10					
22	Carregar o carrinho (- 83 (2CX) e 108 (3CX)) e 105 (1CX)	22					
23	Deslocação para <i>PreAssembly</i> ate 83	12					
24	Descarregar - 83 (2CX)	6					
25	Deslocação no <i>PreAssembly</i> ate X98	23					
26	Descarregar 108 (3CX) e 105 (1CX)	46					
27	Deslocação ate à doca	10					
	Total em segundos	1143	52	31	125	688	0
	Total em minutos	19,05	0,87	0,52	2,08	11,47	0,00

Na Tabela A.XI.2 encontra-se os dados relativos à série temporal do processo de *order picking*.

Tabela A.XI.2 – Dados para série temporal do *order picking*

Nº Obs	Data	Nº CX	Ref Diferentes	Início	Fim	Duração	Tempo por caixa	Abastecedor
1	20/06/2014	12	1	11:47:00	12:00:00	00:13:00	00:01:05	A
2	20/06/2014	7	1	12:13:00	12:19:00	00:06:00	00:00:51	A
3	20/06/2014	36	3	17:27:00	17:41:00	00:14:00	00:00:23	P
4	20/06/2014	15	1	19:05:00	19:17:00	00:12:00	00:00:48	P
5	20/06/2014	15	1	19:24:00	19:28:00	00:04:00	00:00:16	P
6	20/06/2014	24	2	21:35:00	21:42:00	00:07:00	00:00:18	P
7	21/06/2014	5	1	00:11:00	00:15:00	00:04:00	00:00:48	P
8	23/06/2014	19	3	08:33:00	08:48:00	00:15:00	00:00:47	A
9	23/06/2014	26	5	08:57:00	09:17:00	00:20:00	00:00:46	A
10	23/06/2014	22	3	18:50:00	19:09:00	00:19:00	00:00:52	P
11	23/06/2014	12	1	22:22:00	22:36:00	00:14:00	00:01:10	P
12	23/06/2014	12	1	21:44:00	21:54:00	00:10:00	00:00:50	P
13	23/06/2014	12	1	22:25:00	22:36:00	00:11:00	00:00:55	P
14	24/06/2014	28	6	08:48:00	09:15:00	00:27:00	00:00:58	A
15	24/06/2014	12	1	09:37:00	09:50:00	00:13:00	00:01:05	A
16	24/06/2014	30	5	10:50:00	11:20:00	00:30:00	00:01:00	A
17	24/06/2014	12	1	12:32:00	12:42:00	00:10:00	00:00:50	A
18	24/06/2014	75	9	12:40:00	14:18:00	01:38:00	00:01:18	A
19	24/06/2014	27	4	15:42:00	16:03:00	00:21:00	00:00:47	A
20	24/06/2014	28	3	17:07:00	17:15:00	00:08:00	00:00:17	P
21	24/06/2014	24	2	18:44:00	19:03:00	00:19:00	00:00:48	P
22	24/06/2014	32	2	19:27:00	19:50:00	00:23:00	00:00:43	P
23	24/06/2014	9	1	22:44:00	22:47:00	00:03:00	00:00:20	P
24	25/06/2014	4	1	00:09:00	00:10:00	00:01:00	00:00:15	P
25	25/06/2014	18	4	09:55:00	10:16:00	00:21:00	00:01:10	A
26	25/06/2014	20	2	11:22:00	11:36:00	00:14:00	00:00:42	A
27	25/06/2014	55	6	13:48:00	14:34:00	00:46:00	00:00:50	A
28	25/06/2014	20	2	15:21:00	15:42:00	00:21:00	00:01:03	A
29	25/06/2014	36	4	15:39:00	15:59:00	00:20:00	00:00:33	A
30	25/06/2014	48	4	18:54:00	19:10:00	00:16:00	00:00:20	P
31	25/06/2014	15	2	21:53:00	21:56:00	00:03:00	00:00:12	P
32	26/06/2014	35	5	12:20:00	12:44:00	00:24:00	00:00:41	A
33	26/06/2014	47	6	13:56:00	14:06:00	00:10:00	00:00:13	A
34	26/06/2014	19	3	15:49:00	15:57:00	00:08:00	00:00:25	A
35	27/06/2014	10	1	10:08:00	10:13:00	00:05:00	00:00:30	A
36	27/06/2014	9	1	11:12:00	11:16:00	00:04:00	00:00:27	A
37	27/06/2014	21	2	12:05:00	12:11:00	00:06:00	00:00:17	A
38	27/06/2014	18	2	13:34:00	13:43:00	00:09:00	00:00:30	A
39	30/06/2014	16	1	17:22:00	17:32:00	00:10:00	00:00:38	P
40	30/06/2014	5	1	19:00:00	19:02:00	00:02:00	00:00:24	P
41	30/06/2014	16	1	22:21:00	22:25:00	00:04:00	00:00:15	P
42	30/06/2014	10	1	23:44:00	23:48:00	00:04:00	00:00:24	P
43	30/06/2014	14	1	16:16:00	16:20:00	00:04:00	00:00:17	P

Tabela A.XI. 2 – Dados para série temporal do *order picking* (continuação)

Nº Obs	Data	Nº CX	Ref Diferentes	Início	Fim	Duração	Tempo por caixa	Abastecedor
44	30/06/2014	41	6	08:30:00	08:50:00	00:20:00	00:00:29	A
45	30/06/2014	39	6	11:07:00	11:30:00	00:23:00	00:00:35	A
46	30/06/2014	15	1	11:52:00	11:57:00	00:05:00	00:00:20	A
47	30/06/2014	38	6	13:51:00	14:18:00	00:27:00	00:00:43	A
48	30/06/2014	20	3	15:37:00	15:48:00	00:11:00	00:00:33	A
49	30/06/2014	12	1	17:35:00	17:40:00	00:05:00	00:00:25	P
50	30/06/2014	20	2	18:54:00	19:10:00	00:16:00	00:00:48	P
51	30/06/2014	10	1	19:25:00	19:30:00	00:05:00	00:00:30	P
52	30/06/2014	12	1	20:46:00	20:49:00	00:03:00	00:00:15	P
53	30/06/2014	17	2	21:35:00	21:42:00	00:07:00	00:00:25	P
54	30/06/2014	12	1	22:28:00	22:34:00	00:06:00	00:00:30	P
55	30/06/2014	12	1	23:47:00	23:51:00	00:04:00	00:00:20	P
56	01/07/2014	16	2	00:20:00	00:26:00	00:06:00	00:00:23	P
57	01/07/2014	6	1	00:23:00	00:25:00	00:02:00	00:00:20	P
58	01/07/2014	5	1	08:45:00	08:48:00	00:03:00	00:00:36	A
59	01/07/2014	11	1	09:17:00	09:23:00	00:06:00	00:00:33	A
60	01/07/2014	36	7	11:29:00	11:51:00	00:22:00	00:00:37	A
Média		21	3			00:13:24	00:00:36	

A.XII. Project Charter

Em seguida encontra-se o *Project Charter* elaborado para o projeto de redução de *scrap* nas *lens*.

A. Informação geral

Titulo do projeto:	Redução da percentagem de scrap no processo de injeção de lentes B299 High (molde 094.1)		
Breve descrição do projeto:	Redução da percentagem de <i>scrap</i> do processo de injeção nas lentes B299 de forma a melhorar a performance do processo		
Elaborado por:	Sofia Quintaneiro		
Data	3 de março 2014	Versão:	1

B. Objetivo do projeto

- Redução do número de peças não conformes (*scrap*) que são detetadas na linha de produção através da inspeção visual, de forma a melhorar o processo de injeção nas lentes B299 (molde 094.1);

C. Pressupostos

- Considera-se que a matéria prima (PMMA) utilizada no processo se encontra dentro das especificações, tendo as características químicas ideais para o processo de injeção.
- Na elaboração das cartas de controlo *p*, são consideradas o número de peças não conforme, podendo estas ter um ou mais defeitos.
- As peças são rejeitadas assim que o operador verifica a existência de um defeito na lente, o que não significa que esta não possa ter mais do que um defeito.

D. Âmbito do projeto

- Melhoria da performance do processo de injeção das lentes do modelo B299 *High*
- Identificação dos tipos de defeitos e as suas causas;
- Comparação entre as duas cavidades do molde de injeção;
- Aumento do desempenho do processo.

E. Milestones

Milestones	Deliverables	Date
Definição da <i>baseline</i> do projeto	- <i>Value Stream Mapping</i> - Estudo R&R para atributos	Março 2014
Registo dos tipos de defeitos existentes e quais as suas causas	- Tabela resumo causa-efeito - Diagrama de <i>Ishikawa</i>	Julho 2014
Definição dos critérios de rejeição das lentes	- Estudo R&R para atributos	Março 2014
Proposta de melhorias	- Apresentação de soluções para a redução de <i>scrap</i>	Julho 2014
Controlo do processo	- Cartas de controlo <i>p</i>	Junho 2014

C. Impacto

Potencial Impacto	Sistemas/ Unidades afetadas
Melhoria da performance do processo	Processos consequentes (<i>PreAssembly</i> e <i>Final Assembly</i>) e o consumidor final
Redução dos custos de <i>scrap</i>	Área dos Plásticos
Melhor qualidade das lentes produzidas (menos rejeições)	Satisfação do cliente final

D. Responsabilidades

<i>Deployment Champion:</i>
Carlos Augusto
<i>Mentoring:</i>
André Gomes
<i>Team Member:</i>
Sofia Quintaneiro
Emília Rodrigues
<i>Expert:</i>
Carlos Dias
António Dias

E. Recursos

- A realização do projeto utilizou apenas recursos existentes na organização.

F. Riscos do Projeto

Risco	Estratégia
Falta de formação dos operadores	Dar formação aos operadores através de exemplos de defeitos existentes nas lentes (principalmente defeitos que possam suscitar dúvidas)
Critérios de rejeição pouco claros	Criação de <i>golden samples</i> e limites de defeitos que possam ser aceitáveis

G. Medidas de Sucesso

- Redução do nível de *scrap* em 25%;
- Definição dos critérios de inspeção de forma a evitar falsos rejeitos.

A.XIII. Fluxograma do processo de Injeção de Lens Molde 094.1

Na Figura A.XIII.1 encontra-se o fluxograma do processo de injeção das lentes B299 *High*.

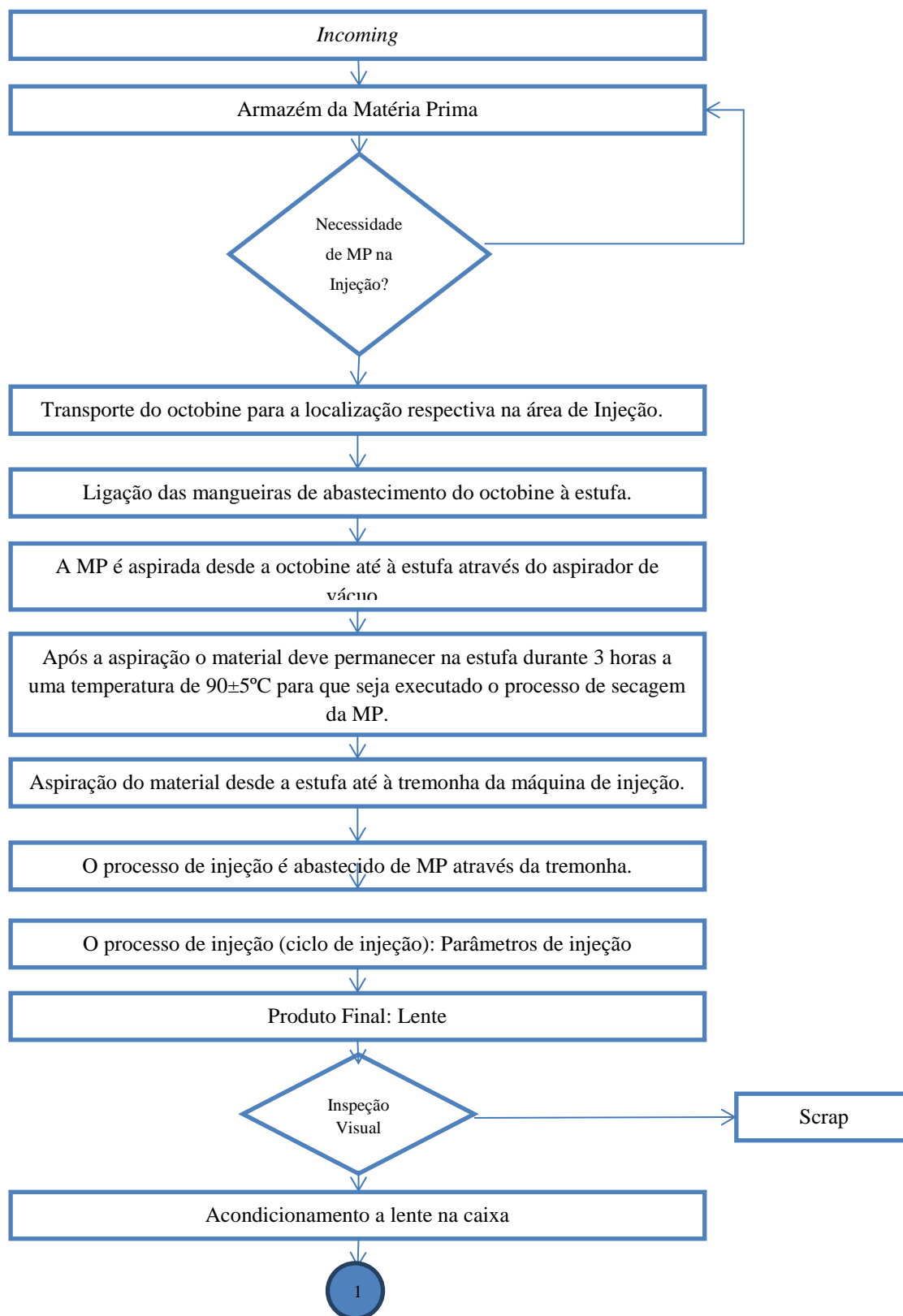


Figura A.XIII.1 – Fluxograma para processo de Injeção das lentes B299 *High* (molde 94.1)

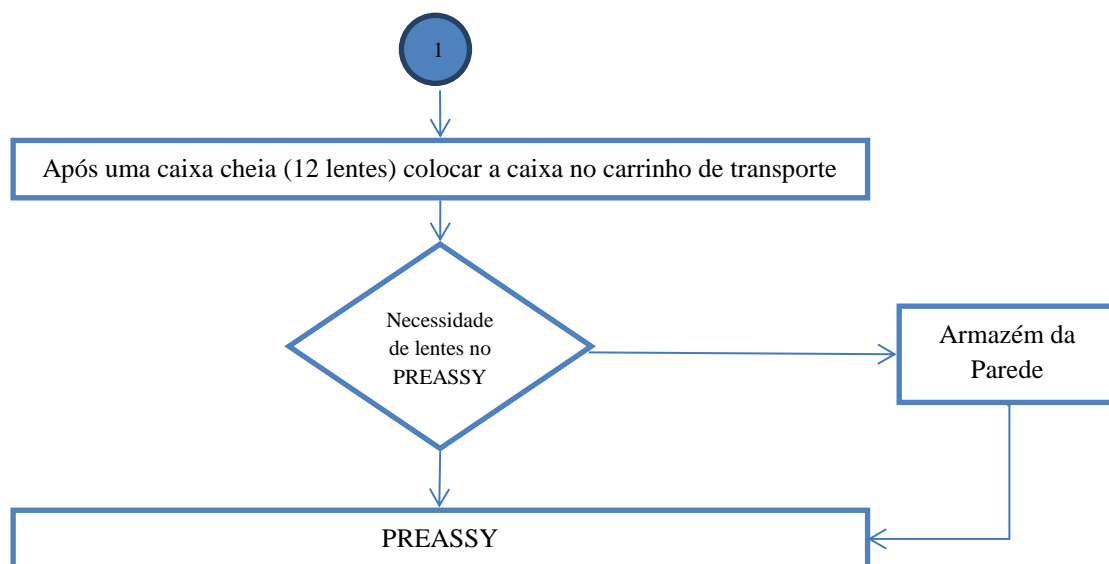


Figura A.XIII.1 – Fluxograma para processo de Injeção das lentes B299 *High* (molde 94.1) (continuação)

A.XIV. Dados para os estudos R&R de atributos

O registo dos dados obtidos para realização do 1º estudo R&R encontram-se na Tabela A.XIV.1.

Tabela A.XIV.1 – Dados para a realização do 1º estudo R&R

Lente	Expert	Operador #1(Vera)			Operador #2(Dália)			Operador #3(Fátima)			Todos os operadores concordam entre trial's e entre si	Todos os operadores concordam com o expert
		Trial #1	Trial #2	Trial #3	Trial #1	Trial #2	Trial #3	Trial #1	Trial #2	Trial #3		
1	NOK	NOK	NOK	NOK	OK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	N	N
2	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Y	Y
3	OK	NOK	NOK	NOK	OK	NOK	OK	OK	NOK	NOK	N	N
4	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	OK	N	N
5	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	OK	OK	OK	NOK	N	N
6	OK	OK	OK	NOK	NOK	NOK	OK	NOK	NOK	OK	N	N
7	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NOK	OK	OK	N	N
8	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Y	Y
9	OK	NOK	NOK	OK	OK	NOK	NOK	NOK	OK	OK	N	N
10	OK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	OK	OK	NOK	NOK	N	N
11	OK	NOK	NOK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	N	N
12	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Y	Y
13	NOK	NOK	NOK	NOK	OK	OK	OK	NOK	NOK	NOK	N	N
14	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Y	Y
15	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Y	Y
16	NOK	NOK	NOK	NOK	OK	NOK	OK	NOK	OK	OK	N	N
17	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Y	Y
18	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	OK	NOK	N	N
19	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Y	Y
20	NOK	OK	OK	NOK	OK	OK	NOK	NOK	NOK	NOK	N	N
21	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Y	Y
22	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Y	Y
23	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Y	Y
24	NOK	OK	NOK	NOK	NOK	OK	NOK	NOK	OK	NOK	N	N
25	OK	NOK	NOK	OK	OK	NOK	OK	NOK	NOK	NOK	N	N
26	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Y	Y
27	NOK	NOK	NOK	NOK	OK	OK	NOK	OK	NOK	OK	N	N
28	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	OK	NOK	NOK	NOK	NOK	N	N
29	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Y	Y
30	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
31	NOK	OK	NOK	OK	OK	OK	NOK	NOK	NOK	NOK	N	N
32	OK	NOK	NOK	NOK	OK	OK	NOK	OK	NOK	NOK	N	N
33	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Y	Y
34	OK	OK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	N	N
35	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Y	Y
36	OK	OK	NOK	OK	NOK	NOK	NOK	NOK	OK	NOK	N	N
37	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Y	Y
38	OK	NOK	NOK	NOK	OK	NOK	OK	OK	NOK	NOK	N	N
39	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	OK	NOK	NOK	N	N
40	OK	OK	OK	NOK	OK	NOK	NOK	NOK	OK	NOK	N	N
41	NOK	NOK	NOK	NOK	OK	OK	NOK	NOK	OK	NOK	N	N
42	NOK	OK	OK	OK	NOK	OK	NOK	NOK	NOK	NOK	N	N
43	NOK	NOK	OK	NOK	OK	NOK	OK	OK	NOK	NOK	N	N
44	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
45	OK	OK	OK	OK	NOK	OK	OK	NOK	OK	OK	N	N
46	NOK	OK	OK	OK	NOK	OK	NOK	OK	NOK	NOK	N	N
47	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	OK	NOK	NOK	NOK	N	N
48	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Y	Y
49	OK	OK	OK	OK	OK	NOK	NOK	OK	OK	NOK	N	N
50	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Y	Y

Na Figura A.XIV.1 encontra-se o relatório estatístico obtido para o 1º estudo R&R.

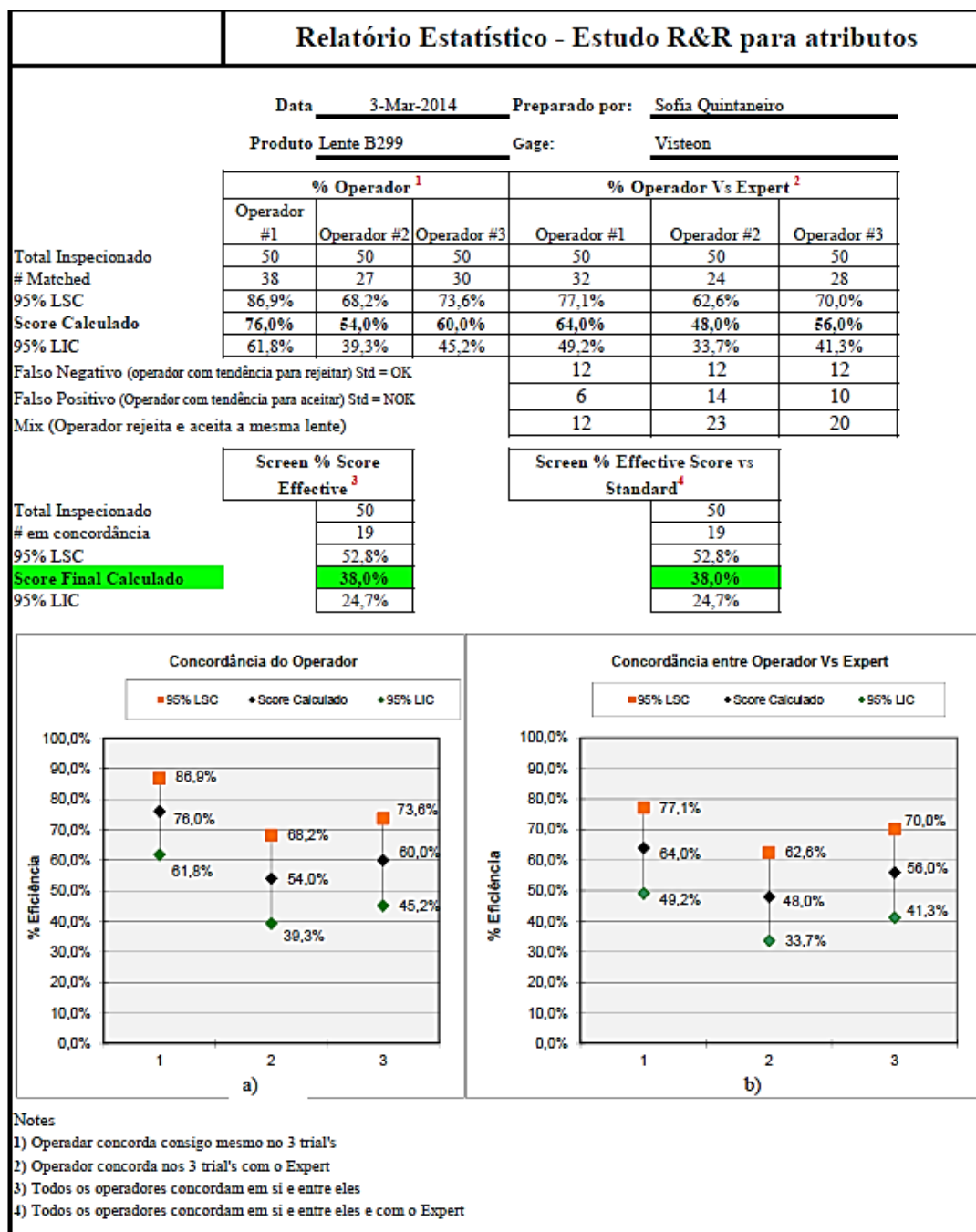


Figura A.XIV.1 – Relatório Estatístico para 1º estudo R&R

O registo dos dados obtidos para realização do 2º estudo R&R encontram-se na Tabela A.XIV.2.

Tabela A.XIV.2 – Dados para a realização do 2º estudo R&R

Lente	Expert	Operador #1(Vera)			Operador #2(Dália)			Operador #3(Fátima)			Todos os operadores concordam entre trial's e entre si	Todos os operadores concordam com o Expert
		Trial #1	Trial #2	Trial #3	Trial #1	Trial #2	Trial #3	Trial #1	Trial #2	Trial #3		
1	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	OK	OK	OK	N	N
2	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Y	Y
3	OK	NOK	NOK	NOK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	N	N
4	NOK	OK	NOK	NOK	OK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	N	N
5	OK	NOK	NOK	NOK	OK	OK	NOK	OK	OK	NOK	N	N
6	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Y	Y
7	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Y	Y
8	OK	OK	NOK	NOK	OK	OK	OK	NOK	NOK	NOK	N	N
9	NOK	NOK	NOK	NOK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	N	N
10	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NOK	NOK	N	N
11	NOK	NOK	NOK	NOK	OK	OK	OK	NOK	NOK	NOK	N	N
12	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Y	Y
13	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Y	Y
14	NOK	NOK	NOK	NOK	OK	OK	NOK	NOK	NOK	OK	N	N
15	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Y	Y
16	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
17	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Y	Y
18	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Y	Y
19	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Y	Y
20	OK	OK	OK	NOK	OK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	N	N
21	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Y	Y
22	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Y	Y
23	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Y	Y
24	NOK	OK	NOK	NOK	NOK	OK	NOK	NOK	NOK	NOK	N	N
25	OK	NOK	NOK	OK	OK	OK	OK	NOK	NOK	NOK	N	N
26	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Y	Y
27	NOK	NOK	NOK	NOK	OK	OK	NOK	OK	NOK	OK	N	N
28	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	OK	NOK	NOK	NOK	NOK	N	N
29	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Y	Y
30	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
31	NOK	OK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	N	N
32	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Y	Y
33	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Y	Y
34	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
35	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Y	Y
36	OK	OK	OK	OK	NOK	NOK	NOK	OK	OK	NOK	N	N
37	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Y	Y
38	OK	NOK	NOK	NOK	OK	NOK	OK	OK	NOK	NOK	N	N
39	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	OK	NOK	NOK	N	N
40	OK	OK	OK	NOK	OK	NOK	NOK	NOK	OK	NOK	N	N
41	OK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Y	N
42	NOK	OK	OK	OK	NOK	OK	NOK	NOK	NOK	NOK	N	N
43	NOK	NOK	OK	NOK	OK	OK	OK	OK	NOK	NOK	N	N
44	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Y	Y
45	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NOK	OK	OK	OK	N	N
46	NOK	OK	OK	OK	OK	OK	NOK	OK	NOK	NOK	N	N
47	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Y	Y
48	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Y	Y
49	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	Y	Y
50	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	Y	Y

Na Figura A.XIV.2 encontra-se o relatório estatístico obtido para o 2º estudo R&R.

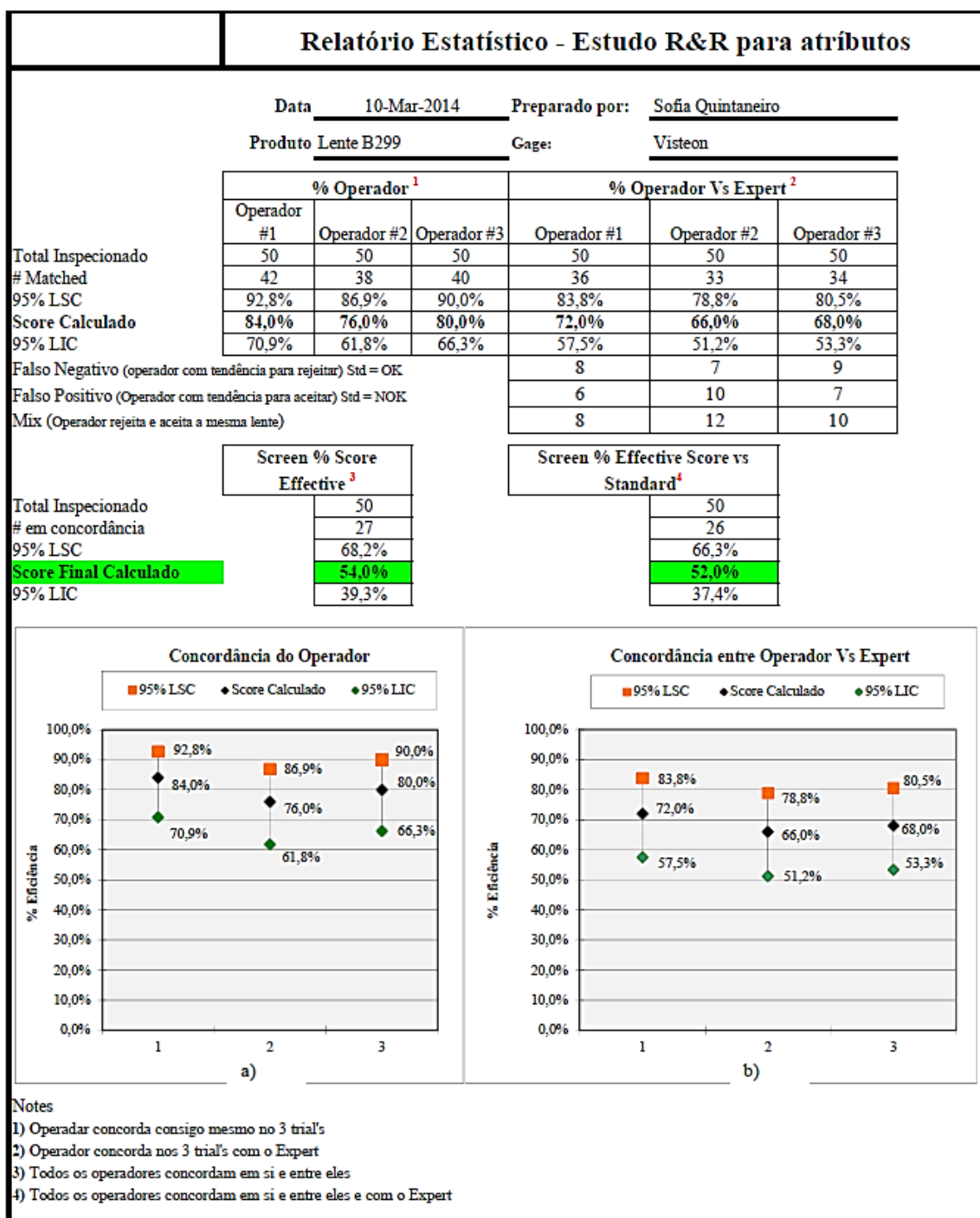


Figura A.XIV.2 – Relatório Estatístico para 2º estudo R&R

A.XV. Cartas de Controle p

Para a elaboração das cartas de controle p no *software* Minitab, a janela obtida encontra-se na Figura A.XV.1.

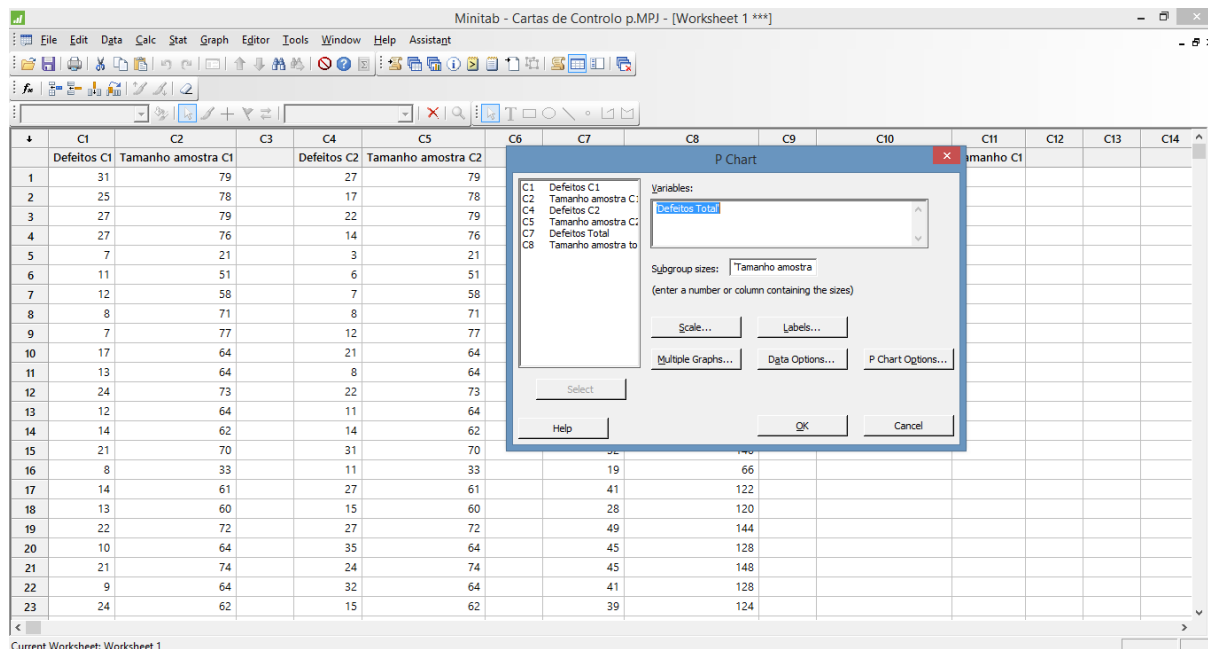


Figura A.XV.1 – Janela do *software* Minitab para a elaboração de cartas de controle p

Antes da remoção os *outliers*, a carta de controle p obtida para a cavidade 1 encontra-se na Figura A.XV.2.

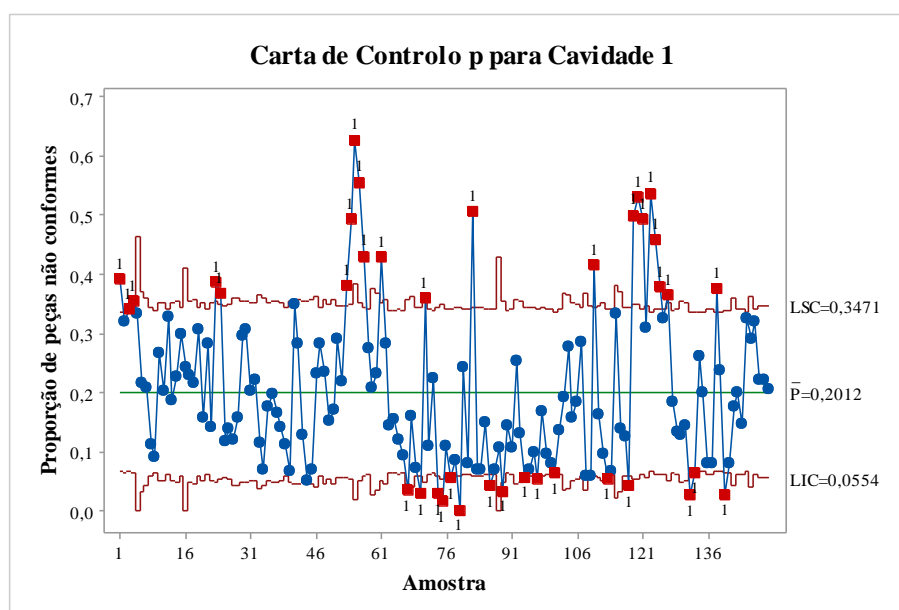


Figura A.XV.2 – Carta de Controle p para Cavidade 1

Antes da remoção os *outliers*, a carta de controlo p obtida para a cavidade 2 encontra-se na Figura A.XV.3.

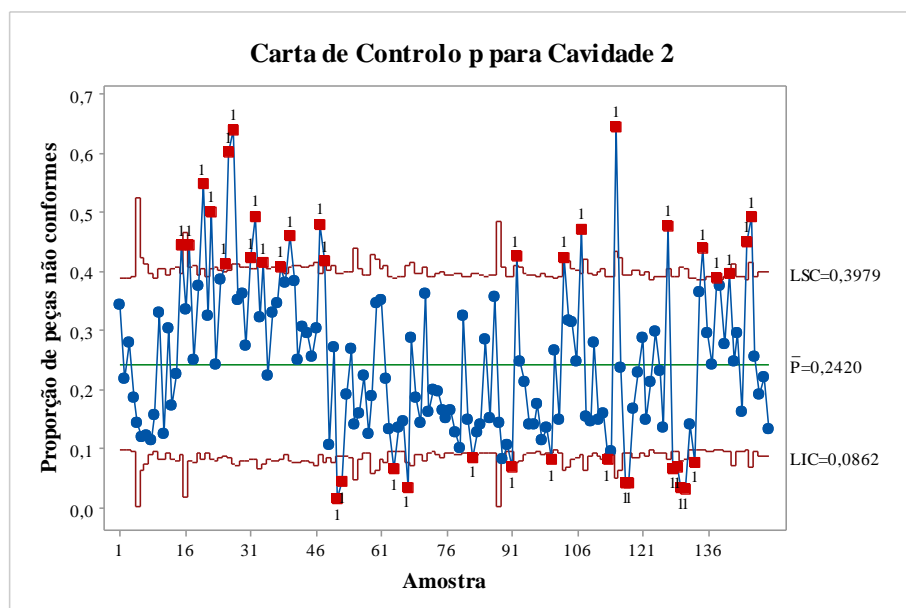


Figura A.XV.3 – Carta de Controlo p para Cavidade 2

A.XVI. Análise dos defeitos detetados

Na Tabela A.XVI.1 encontra-se a análise de defeitos para as *lens* do B299.

Tabela A.XVI.1 – Análise de defeitos detetados






Defeito	Zona de Incidência (Azul = Cavidade 1; Verde= Cavidade 2)	Possíveis Causas	Solução
Rebarbas 	Aleatório	- Pequenas rebarbas do negativo existente no molde. Este negativo existe no molde para evitar que a lente fique presa no mesmo “empurrando-a”, facilitando que esta seja sugada pelas ventosas do robot 	- Redução da contrapressão; - Limpeza do molde; - Polimento das arestas do negativo no molde.
Gotas de água 	Aleatório	- Gotas de água	- Manutenção do sistema hidráulico.
Bolhas 	Aleatório	- Humidade na matéria-prima; - Falta de homogeneização do material.	- Sistema de manutenção das sílicas da estufa.
Contaminação Preta 	Aleatório	- Sujidade	- Melhor acondicionamento da MP evitando o seu contacto com fontes de contaminação.
		- Matéria-prima queimada	- Respeitar as temperaturas dadas na especificação da matéria-prima, tanto na estufa como no processo de injeção. - Evitar que a mesma esteja durante muito tempo sob calor.
		- Resíduos de MP das mangueiras de alimentação; 	- Evitar a deteriorização das mangueiras e da própria MP que se deposita em “pontos cegos”

Tabela A.XVI.1 – Análise de defeitos detetados (continuação)












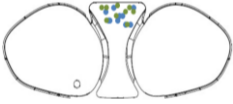


Defeito	Zona de Incidência (Azul = Cavidade 1; Verde= Cavidade 2)	Possíveis Causas	Solução
		<ul style="list-style-type: none"> - Utilização de um balde de <i>pvc</i> preto para retirar MP da octobine e alimentar outros silos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Implementação de baldes de inox em vez de baldes de <i>pvc</i> preto para quando é necessário a alimentação manual de um silo. 
Contaminação Castanha 	Aleatório	<ul style="list-style-type: none"> - Material deteorizado; Resíduos de fibras, nomeadamente de cartão proveniente da octobine. 	<ul style="list-style-type: none"> - Melhor acondicionamento da MP, melhoria do corte do cartão na zona onde entra a mangueira de abastecimento.
Corte Laser defeituoso Fumos do Laser		<ul style="list-style-type: none"> - Coordenadas do laser erradas; - Mau encaixe da lente no <i>feature</i>; - Lentes ou gitos presos no <i>feature</i>; 	<ul style="list-style-type: none"> - Melhorar o modo de encaixe da lente no <i>feature</i>.
Risco	Aleatório	<ul style="list-style-type: none"> - Robot; - Laser; - <i>Feature</i>; - Mau manuseamento da lente por parte do operador; - “Fricção” da luva/pano na lente, para limpeza da lente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Manuseamento das peças em zonas que não sejam visíveis;
Rebarba Colada		<ul style="list-style-type: none"> - Rebarbas provenientes do negativo que se depositam no molde e depois se colam na lente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Após ocorrer este tipo de defeito, é importante limpar o molde.

Tabela A.XVI.1 – Análise de defeitos detetados (continuação)

Defeito	Zona de Incidência (Azul = Cavidade 1; Verde= Cavidade 2)	Possíveis Causas	Solução
Mancha	Aleatório	<ul style="list-style-type: none"> - Sujidade no molde - Sujidade nas ventosas do robot - Sujidade nas luvas 	<ul style="list-style-type: none"> - Limpeza do molde - Limpeza das ventosas - Mudança de luvas
Lente Estalada 		<ul style="list-style-type: none"> - Excesso de pressão - Diferença de temperatura entre as várias zonas do molde (pelo facto de incidir mais na CAV2) 	<ul style="list-style-type: none"> - Redução da contrapressão
Fio de Gito Colado 		<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura errada 	Controlo das temperaturas de injeção e do molde
Ondulação 		<ul style="list-style-type: none"> - Falta de contrapressão - MP fora de especificação (falta de fluidez) 	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento da contrapressão - Aumento do ponto de comutação